

**Typisierung von Ganglinien
der Verkehrsstärke und
ihre Eignung zur Modellierung
der Verkehrsnachfrage**

von
Lutz Pinkofsky
aus Köln

Vom Fachbereich Bauingenieurwesen
der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig
zur Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Dissertation

Eingereicht am	10. Januar 2005
Mündliche Prüfung am	07. Juni 2005
Berichterstatter	Univ.-Prof. Dr. Manfred Wermuth Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ulrich Brannolte



INSTITUT FÜR VERKEHR UND STADTBAUWESEN
TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG
UNIV.-PROF. DR. RER. NAT. MANFRED J. WERMUTH

**Schriftenreihe
Heft 54**

Lutz Pinkofsky

**Typisierung von Ganglinien der
Verkehrsstärke und ihre Eignung zur
Modellierung der Verkehrsnachfrage**

**SHAKER
VERLAG**

Aachen 2006

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2005

Copyright Shaker Verlag 2006

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-4859-5

ISSN 1615-2948

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Danksagung

Die vorliegende Dissertation wurde im Januar 2005 im Fachbereich Bauingenieurwesen der Technischen Universität Braunschweig eingereicht. Sie wurde in den Jahren 2000 bis 2004 in externer Bearbeitung erstellt. Sie geht auch auf Forschungsergebnisse zurück, die während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter der Bundesanstalt für Straßenwesen in Bergisch Gladbach entstanden sind. Ich danke in diesem Zusammenhang Herrn Abteilungsdirektor und Professor Gert Hartkopf und Herrn Klaus Reker für den gegebenen Rückhalt.

Mein besonderer und herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. Wermuth für die Betreuung der Arbeit insbesondere für die vielfachen wertvollen Hinweise und Ratschläge sowie für die Übernahme des Hauptberichts. In gleicher Weise danken möchte ich Herrn Prof. Dr. Brannolte für die Übernahme des Koreferats.

Weiterhin danke ich Herrn Rüdiger Hotop, Herrn Dr. Ingo Koßmann und Frau Edita Bonacker für die kritische Durchsicht von Teilen der Arbeit, Herrn Wolfgang Tautz für die Unterstützung bei der Anfertigung der Grafiken sowie Herrn Prof. Dr. Zackor, Frau Dr. Anja Obersundermeier, Herrn Dr. Gerd Listl und Herrn Dr. Roland Weber für den Anstoß zur Fertigstellung der Arbeit.

Da ein Großteil der Arbeit neben meiner beruflichen Tätigkeit in Heimarbeit entstanden ist, möchte ich es nicht versäumen, meiner Frau Irene Seiderer für die bewiesene Langmut zu danken.

Die Arbeit ist meinen Eltern gewidmet.

Köln, Dezember 2005

Dipl.-Math. Dipl.-Geogr. Lutz Pinkofsky

Kurzfassung

In der Arbeit wird eine Typisierung von Straßenabschnitten anhand der Jahres-, Wochen- und Tagesganglinien der Verkehrsstärke entwickelt. Darauf aufbauend wird ein Zuordnungsverfahren von Straßenabschnitten des Bundesfernstraßennetzes zu diesen Typen abgeleitet. Die Datenbasis lieferten die bundeseigenen automatischen Dauerzählstellen mehrerer Bezugsjahre.

Für die Typenbildung (Klassifizierung) werden zunächst qualitative und quantitative Kriterien aufgestellt. Unter diesen Qualitätskriterien zufrieden stellende Ergebnisse werden mit einem (leicht modifizierten) nicht hierarchischen Clusterverfahren erzielt. Die Anfangsklassen werden auf Grundlage der Ergebnisse verschiedener hierarchischer Clusterverfahren festgesetzt. Die Zuordnung einzelner Zählabschnitte zu den Typen erfolgt hauptsächlich mit Hilfe von verkehrlichen Kennwerte wie Ferienverkehrsfaktor oder maximale Verkehrsbelastung am Vormittag. Diese Kennwerte sind keinem starren zeitlichen Raster unterworfen. Typenbildung und Zuordnung sind deshalb weitgehend stabil gegen regional zeitlich verschobene Ereignisse (Ferienzeiten in den einzelnen Bundesländern, verschobene Morgenspitze West/Ost) und externe Einflüsse im Jahresverlauf (z.B. Witterung).

Eine Verkehrsnachfragemodellierung auf der Grundlage von (kollektiven) Ganglinientypen findet vornehmlich für verkehrsplanerische Fragestellungen statt. Im Rahmen der sich in der Entwicklung befindlichen volkswirtschaftlichen Bewertung von Erhaltungsmaßnahmen (z.B. im Zusammenhang mit Managementsystemen (BMS, PMS)) ist die Verwendung von Ganglinientypen vorgesehen. Hierbei ist neben der Brauchbarkeit der Typen auch ihre Verfügbarkeit für Abschnitte des Fernstraßennetzes von Bedeutung. Da die o.g. zur Typenzuordnung benötigten Kennwerte grundsätzlich auch anhand geeigneter Kurzzeitzählungen geschätzt werden können, ist diese Zuordnung nicht auf Abschnitte mit Dauerzählstellen begrenzt.

Der Vorteil der Verwendung von typisierten Ganglinien bei der Verkehrsnachfragemodellierung liegt in der Robustheit gegenüber (z.B. kapazitätsbedingten) Einbrüchen der gemessenen Verkehrsstärke im Unterschied zur tatsächlichen Verkehrsnachfrage und der vergleichsweise geringen Anforderung an die Datenbasis. Nachteilig wirkt sich hingegen aus, dass die den Lageparametern zuzurechnenden Ganglinientypen keine Aussage über die Streuung der Einzelwerte beinhalten.

Die abgeleiteten Ganglinientypen werden im Rahmen der jährlichen Auswertung der bundeseigenen Dauerzählstellen als statistische Kennungen zur Beschreibung der Verkehrsstruktur verwendet. Im Rahmen der Anwendung der Zuordnungsverfahren für den Jahresbericht „Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen“ für die Bezugsjahre 2000, 2001 und 2002 konnten hohe Zuordnungsraten für alle Typen beobachtet werden. Durch die abgeleiteten Typen werden nahezu alle „normalen“ Verkehrsverteilungen im (Bundes-)Fernstraßennetz abgebildet.

Inhaltsverzeichnis

TABELLENVERZEICHNIS.....	IV	
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	VI	
<u>1</u>	<u>EINLEITUNG.....</u>	<u>1</u>
1.1	DEFINITIONEN	1
1.2	TYPISIERTE GANGLINIEN ZUR CHARAKTERISIERUNG VON STRAßENABSCHNITTEN.....	2
1.3	TYPISIERTE GANGLINIEN ZUR HOCHRECHNUNG VON KURZZEITZÄHLUNGEN	4
1.3.1	Vorbemerkung	4
1.3.2	Ganglinientypen im Innerortsbereich nach Schmidt.....	4
1.3.3	Schweizer Gangliniennorm.....	5
1.4	TYPISIERTE GANGLINIEN ZUR NACHFRAGEMODELLIERUNG	6
1.4.1	Berechnung von Reisezeitverlusten als Grundlage der baulichen oder betrieblichen Planung	6
1.4.2	Datengrundlage für die verkehrstechnische Anwendung	9
1.5	PROBLEMSTELLUNG	10
<u>2</u>	<u>CLUSTERANALYSE</u>	<u>12</u>
2.1	VORBEMERKUNG.....	12
2.2	GRUNDLAGEN DER CLUSTERANALYSE	12
2.3	OBJEKTORIENTIERTE UND VARIABLENORIENTIERTE DATENANALYSE.....	12
2.4	VARIABLENAUSWAHL (BEI EINER OBJEKTORIENTIERTEN CLUSTERANALYSE)	13
2.5	ÄHNLICHKEITS- UND UNÄHNLICHKEITSMAßE.....	13
2.6	CLUSTERANALYSEALGORITHMEN	14
2.6.1	Kriterien zur Systematisierung.....	14
2.6.2	Hierarchische Verfahren.....	15
2.6.3	Nicht-Hierarchische Verfahren	16
2.7	PRÜFUNG DER MODELLPARAMETER	17

3	<u>METHODIK</u>	<u>19</u>
3.1	DATENGRUNDLAGE	19
3.2	ABLEITUNG VON KENNWERTEN.....	20
3.2.1	Jahresganglinien	20
3.2.2	Wochenganglinien	27
3.2.3	Tagesganglinien	29
3.3	CLUSTERANALYSE.....	33
3.4	TYPENBILDUNG	35
3.4.1	Allgemeines	35
3.4.2	Darstellung der Jahresganglinientypen	36
3.4.3	Darstellung der Tagesganglinientypen	39
3.5	ABLEITUNG EINES ZUORDNUNGSVERFAHRENS	41
3.6	GANGLINIENTYPEN ALS GRUNDLAGE DER NACHFRAGEMODELLIERUNG	42
3.6.1	Definition.....	42
3.6.2	Grundsätzliche Methodik	43
3.6.3	Verfahrensmodifikationen	44
3.6.4	Gütebeurteilung	49
4	<u>ERGEBNISSE DER GANGLINIENTYPISIERUNG</u>	<u>50</u>
4.1	JAHRESGANGLINIEN	50
4.1.1	Darstellung und zusammenfassende Beschreibung der Typen	50
4.1.2	Beschreibung der Kennwerte	51
4.1.3	Vergleich nach Straßen- und DTV-Klassen.....	52
4.1.4	Weitere Differenzierung nach Ferienhauptgruppen	54
4.2	WOCHENGANGLINIEN.....	56
4.2.1	Darstellung und zusammenfassende Beschreibung der Typen	56
4.2.2	Beschreibung der Kennwerte	57
4.2.3	Darstellung aller Einzelganglinien getrennt nach Typen	59
4.2.4	Vergleich nach Richtung/Gegenrichtung	62
4.2.5	Vergleich nach Straßenklassen.....	63
4.2.6	Vergleich nach Bundesländern.....	64
4.3	TAGESGANGLINIEN	66
4.3.1	Darstellung und zusammenfassende Beschreibung der Typen	66
4.3.2	Beschreibung der Kennwerte (Tagesgruppe Montag).....	75
4.3.3	Vergleich Richtung/Gegenrichtung	76
4.3.4	Vergleich nach Straßen- und DTV-Klassen.....	77
4.3.5	Vergleich nach Bundesländern.....	78

4.4	VERGLEICH NACH KOMBINATIONEN VON TYPEN	79
4.4.1	Tagesgruppe Dienstag bis Donnerstag mit Tagesgruppen Montag und Freitag.....	79
4.4.2	Wochen- mit Tagesganglinientypen	79
4.5	ERGEBNISSE IM ANWENDUNGSKONTEXT	80
4.5.1	Charakterisierung von Straßenabschnitten	80
4.5.2	Nachfragemodellierung	82
5	<u>EIGNUNG VON GANGLINIENTYPEN ZUR NACHFRAGEMODELLIERUNG.....</u>	84
5.1	ANWENDUNGSFALL 1: BERÜCKSICHTIGUNG DER NUTZERKOSTEN BEI DER BEWERTUNG VON ERHALTUNGSMAßNAHMEN - ZEITVERLUSTE DURCH ARBEITSSTELLEN	84
5.1.1	Berücksichtigung von Zeitverlusten in gesamtwirtschaftlichen Bewertungsverfahren	84
5.1.2	Verfahrensansätze zur Berechnung von Zeitverlusten durch Arbeitsstellen.....	85
5.1.3	Sensitivität des Verfahrens auf die Modell- und Eingangsparameter.....	89
5.2	ANWENDUNGSFALL 2: QUANTIFIZIERUNG VON ZEITVERLUSTEN DURCH INFRASTRUKTURBEDINGTE ENGPÄSSE.....	91
5.3	DISKURS: DAUERLINIENTYPENMODELL VERSUS GANGLINIENTYPENMODELL	94
6	<u>SCHLUSSBEMERKUNG</u>	97
	<u>LITERATURVERZEICHNIS</u>	101
	<u>ANLAGE: MUSTERJAHR JE FERIENHAUPTGRUPPE, ZUORDNUNGSVERFAHREN..</u>	107

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: ANZAHL DER ZUR TYPISIERUNG VERWENDETEN DAUERZÄHLSTELLEN	19
TABELLE 2: KORRELATIONSMATRIX DER ANTEILSWERTE DER EINZELNEN TAGESWERTE AM GESAMTEN WOCHENWERT	28
TABELLE 3: WOCHENGANG: LAGE- UND STREUUNGSPARAMETER DER KENNWERTE.....	29
TABELLE 4: PROZENTUALE ABWEICHUNG VOM DURCHSCHNITTlichen WOCHENWERT: KW 40 UND 14THÖCHSTBELASTETE WOCHEN IM VERGLEICH (ZÄHLABSCHNITTE VOM TYP F)	37
TABELLE 5: MUSTERJAHR ZUR DARSTELLUNG DER JAHRESGANGLINIENTYPEN	38
TABELLE 6: TAGESTYPEN IN FEIERTAGSWOCHEN	47
TABELLE 7: TAGESTYPFOLGE UND HAUPTREISETAGE IN DEN MODIFIZIERTEN FEIERTAGSWOCHENGANGLINIEN	47
TABELLE 8: JAHRESGANG: LAGE- UND STREUUNGSPARAMETER DER ZUR CLUSTERANALYSE VERWENDETEN KENNGRÖßEN GETRENNT NACH TYPENZUORDNUNG.....	52
TABELLE 9: JAHRESGANG: TYPENVERTEILUNG NACH STRAßENKLASSEN	53
TABELLE 10: JAHRESGANG: TYPENVERTEILUNG NACH DTV-KLASSEN AUF BAB.....	53
TABELLE 11: WOCHENGANG: LAGE- UND STREUUNGSPARAMETER DER ZUR CLUSTERANALYSE VERWENDETEN KENNWERTE GETRENNT NACH TYPENZUORDNUNG.....	58
TABELLE 12: KENNWERTE DER WOCHENGANGLINIENTYPISIERUNG IM JAHRESVERGLEICH	59
TABELLE 13: WOCHENGANG: VERTEILUNG DER TYPENZUORDNUNG FÜR DIE GEGENRICHTUNG ..	62
TABELLE 14: WOCHENGANG: TYPENVERTEILUNG NACH STRAßENKLASSEN	63
TABELLE 15: WOCHENGANG: TYPENVERTEILUNG NACH BUNDESLÄNDERN	65
TABELLE 16: TAGESGRUPPEN MONTAG, DIENSTAG BIS DONNERSTAG, FREITAG: RELATIVE HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER TYPENZUORDNUNG	67
TABELLE 17: TAGESGRUPPE SAMSTAG: RELATIVE HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER TYPENZUORDNUNG	70
TABELLE 18: TAGESGRUPPE SAMSTAG, ZÄHLSTELLEN MIT MAXIMALEN STÜNDLICHEN ANTEILS- WERTEN AM TAGESVERKEHR GRÖßER 9: RELATIVE HÄUFIGKEITSVERTEILUNG NACH MAXIMALSTUNDE	70
TABELLE 19: 90-PROZENT-PERZENTIL DES MAXIMALEN STÜNDLICHEN ANTEILSWERTES IM TAGESGRUPPENVERGLEICH	71
TABELLE 20: TAGESGRUPPE SONNTAG: HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER TYPENZUORDNUNG.....	72
TABELLE 21: TAGESGRUPPE SONNTAG, ZÄHLSTELLEN MIT MAXIMALEN STÜNDLICHEN ANTEILSWERTEN AM TAGESVERKEHR GRÖßER 9: RELATIVE HÄUFIGKEITSVERTEILUNG NACH MAXIMALSTUNDE	72
TABELLE 22: TAGESGRUPPE MONTAG: LAGE- UND STREUUNGSPARAMETER DER ZUR CLUSTER- ANALYSE VERWENDETEN KENNWERTE GETRENNT NACH TYPENZUORDNUNG	75

TABELLE 23: TAGESGRUPPE MONTAG: VERTEILUNG DER TYPENZUORDNUNG FÜR DIE GEGENRICHTUNG	76
TABELLE 24: TAGESGRUPPE MONTAG, TYP G: VERTEILUNG DER TYPENZUORDNUNG DER TAGESGRUPPE FREITAG FÜR DIE GEGENRICHTUNG	76
TABELLE 25: TAGESGRUPPE MONTAG: TYPENVERTEILUNG NACH STRAßENKLASSEN	77
TABELLE 26: TAGESGRUPPE SONNTAG: TYPENVERTEILUNG NACH STRAßENKLASSEN	77
TABELLE 27: TAGESGANG: TYPENVERTEILUNG NACH DTV-KLASSEN AUF BAB	78
TABELLE 28: TAGESGRUPPE MONTAG, TYPEN A UND B: RELATIVE HÄUFIGKEITSVERTEILUNG NACH MAXIMALSTUNDE GETRENNT NACH ALTEN UND NEUEN BUNDESLÄNDERN	78
TABELLE 29: ÜBERSICHT ÜBER FAKTOREN FÜR DIE ERMITTLUNG DER KAPAZITÄT VON ARBEITSSTELLENENGPÄSSEN	86
TABELLE 30: VERGLEICH GEZÄHLTER ZU MODELLIERTER VERKEHRSNACHFRAGEWERTE: KORRELATIONSMATRIX DER VERWENDETEN STREUUNGSKENNGRÖßEN	93
TABELLE 31: RICHTUNGSGETRENNTE DAUERLINIENTYPEN UND CHARAKTERISTISCHE VERKEHRZUSAMMENSETZUNG	95

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: DENDOGRAMM (AUSZUG): VARIABLENORIENTIERTE CLUSTERANALYSE DER KALENDERWOCHEN (BEZUGSJAHR 1997, BAYERN, NUR BUNDESSTRAßEN)	22
ABBILDUNG 2: KATEGORIENBILDUNG ANHAND DER SUMME DER VIER HÖCHSTBELASTETEN WOCHENWERTE:.....	25
ABBILDUNG 3: STREUDIAGRAMM: SUMME VIER HÖCHSTBELASTETE WOCHENWERTE MIT FERIENVERKEHRSAKTOR	27
ABBILDUNG 4: ZÄHLSTELLE AHRHÜTTE: AUSREIßER IM MONAT SEPTEMBER	28
ABBILDUNG 5: AGGREGATIONEN VON 5-MINUTEN- ZU STUNDENWERTEN, VERGLEICH 1	30
ABBILDUNG 6: AGGREGATIONEN VON 5-MINUTEN- ZU STUNDENWERTEN, VERGLEICH 2	31
ABBILDUNG 7: TAGESGRUPPE MONTAG : KORRELATIONSMATRIX DER STÜNDLICHEN ANTEILSWERTE	32
ABBILDUNG 8: ERGEBNISSE DER KLASSIFIZIERUNG MITTELS HIERARCHISCHER CLUSTERANALYSE (WARD, EUKLIDISCHE DISTANZ)	33
ABBILDUNG 9: ERGEBNISSE DER KLASSIFIZIERUNG MITTELS HIERARCHISCHER CLUSTERANALYSE (WARD, EUKLIDISCHE DISTANZ), KLASSE 4: REPRÄSENTANT UND AUSGEWÄHLTE MITGLIEDER.....	34
ABBILDUNG 10: TAGESGANGLINIENTYPISIERUNG: TAGESGRUPPE FREITAG, KLASSE „EXTREME VORMITTAGSSPITZE“	40
ABBILDUNG 11: AUS TYPISIERTEN GANGLINIEN ERZEUGTE GANGLINIE DER VERKEHRSAKTOR	45
ABBILDUNG 12: TYPISIERTE GANGLINIE MIT STOCHASTISCHER ANGLEICHUNG.....	45
ABBILDUNG 13: WOCHENGANGLINIENTYPEN FÜR DEN NORMALZEITBEREICH IM VERGLEICH MIT DEN MODIFIZIERTEN WOCHENGANGLINIEN DES FEIERTAGSVERKEHRS	48
ABBILDUNG 14: JAHRESGANGLINIENTYPEN	50
ABBILDUNG 15: JAHRESGANGLINIENTYPEN GETRENNT NACH FERIENHAUPTGRUPPEN.....	55
ABBILDUNG 16: WOCHENGANGLINIENTYPEN	56
ABBILDUNG 17: ZUORDNUNG DER EINZELGANGLINIEN ZU DEN TYPEN GETRENNT NACH BEZUGSJAHREN.....	60
ABBILDUNG 18: TAGESGANGLINIENTYPEN (TAGESGRUPPEN MONTAG, DIENSTAG BIS DONNERSTAG, FREITAG).....	68
ABBILDUNG 19: TAGESGANGLINIENTYPEN (TAGESGRUPPEN SAMSTAG)	69
ABBILDUNG 20: TAGESGANGLINIENTYPEN (TAGESGRUPPE SONNTAG).....	72
ABBILDUNG 21: TAGESGRUPPE MONTAG: DURCHSCHNITTliche GANGLINIENVERLÄUFE JE TYP UND MAXIMALSTUNDE	74

ABBILDUNG 22: BEISPIEL FÜR DIE ERMITTLUNG VON ÄQUIVALENZWERTEN FÜR DIE UMRECHNUNG VON SV-ANTEILEN IN PKW-EINHEITEN (LÄNGSNEIGUNG VON +5% UND UNTERSCHIEDLICHE ABSCHNITTLÄNGEN)	87
ABBILDUNG 23: VERLAGERUNGSFUNKTION DER VERKEHRSNACHFRAGE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER STAULÄNGE	88
ABBILDUNG 24: GEGENÜBERSTELLUNG DER BERECHNUNGSERGEBNISSE AN EINER 3+0- VERKEHRSFÜHRUNG BEI UNTERSCHIEDLICHEN TAGESGANGLINIENTYPEN	90
ABBILDUNG 25: ABWEICHUNG ZWISCHEN MODELLIERTEN UND GEZÄHLTEN STUNDENWERTEN DIFFERENZIERT NACH JAHRES- UND WOCHENGANGLINIENTYPEN	94
ABBILDUNG 26: RICHTUNGSGETRENNTE DAUERLINIENTYPEN NACH ARNOLD	95

1 Einleitung

Im Auftrag des BMVBW werden von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) jährlich ca. 1200 automatische Dauerzählstellen im Fernstraßennetz (der Focus liegt hierbei auf den Bundesfernstraßen) ausgewertet. Sie messen mittels Induktivschleifendetektoren die Verkehrsstärke je Stunde getrennt nach Fahrzeugarten. Zur Beschreibung des typischen Verkehrsverlaufs an den einzelnen Straßenabschnitten und zur Erleichterung der Vergleichbarkeit werden seit dem Bezugsjahr 1978 jedem mit einer Zählstelle ausgestatteten Straßenabschnitt typisierte Ganglinien der Verkehrsstärke zugewiesen.

1.1 Definitionen

Ganglinientypen sind typische zeitliche Verläufe verkehrlicher Kenngrößen. In der vorliegenden Arbeit werden individuelle (abschnittsbezogene) und kollektive (abschnittsübergreifende) Ganglinientypen unterschieden, die wie folgt definiert werden:

- Individuelle Ganglinientypen repräsentieren für einen bestimmten Straßenabschnitt Gruppen von Zeiteinheiten (gewisse Tage) mit einer bzgl. der dargestellten Verkehrskenngröße homogenen Verkehrsstruktur (z.B. Urlaubswerktag, Werktag mit Sonderereignis (Fußballspiel)). Sie sind als Grundlage von Prognoseverfahren zur verkehrstechnischen Anwendung in mehreren Verkehrsrechnerzentralen im Einsatz.
- Kollektive Ganglinientypen repräsentieren Gruppen von Straßenabschnitten mit einer für bestimmte Zeitbereiche (Tag, Woche, Jahr) ähnlichen zeitlichen Verteilung der dargestellten Verkehrskenngröße. Über die Zuordnung eines Straßenabschnittes zu einem Ganglinientyp wird die Verkehrsstruktur am betreffenden Abschnitt in generalisierter Form dargestellt.

Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit sind kollektive Ganglinientypen der Verkehrsstärke. Kollektive Ganglinientypen werden vornehmlich zur vergleichenden Beschreibung der Verkehrsstruktur an ausgewählten Straßenabschnitten angewandt (s. 1.2). Außerdem können kollektive Ganglinientypen als Basis zur Hochrechnung von Kurzzeitzählungen dienen (s. 1.3). Daneben werden gerade in jüngster Zeit Anwendungen abgeleitet, die Ganglinientypen zur Verkehrsnachfragemodellierung hinsichtlich der Qualitätsbeurteilung von Straßenverkehrsanlagen in einem übergeordneten vergleichenden Zusammenhang (Berechnung von Reisezeitverlusten bei der Bewertung, Berechnung von Überlastungshäufigkeiten bei der Bemessung von Straßenverkehrsanlagen) verwenden (s. 1.4.1). Kollektive Ganglinientypen sind somit vornehmlich kein Instrument der verkehrstechnischen Anwendung (s. 1.4.2), sondern vielmehr der verkehrlichen Planung.

1.2 Typisierte Ganglinien zur Charakterisierung von Straßenabschnitten

Seit 1975 werden Verkehrsmengen auf ausgewählten Abschnitten der Bundesfernstraßen durch automatische Dauerzählstellen erfasst. Die erhobenen Daten bilden eine wichtige Grundlage für vielfältige Anwendungsgebiete (z.B. Hochrechnung der Kurzzeitzählungen (s. 1.3), Verkehrsplanung (s.1.4), Berechnung von Fahrleistungen). Die Erfassung und Aufbereitung der Daten erfolgt durch die Bundesländer in Zusammenarbeit mit der BAST im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBS). Die Veröffentlichung der auf ein Kalenderjahr bezogenen Ergebniskennziffern erfolgt in den Berichten der BAST (s. z.B. [SCHMIDT-01]).

Zur Beschreibung der Verkehrsstruktur eines mit einer Zählstelle ausgestatteten Straßenabschnitts und zur Erleichterung der Vergleichbarkeit wurden durch Marklein [MARK-78] und weiterführend durch Heidemann, Wimber [HEID-82] typisierte Ganglinien aus normierten Einzelganglinien der täglichen bzw. stündlichen Verkehrsstärken ermittelt. Datengrundlage waren die von den automatischen Dauerzählstellen gemessenen Werte der Bezugsjahre 1978 (Tagesgang), 1979 (Wochengang) und 1980 (Jahresgang). Die Klassenbildung erfolgte über ein clusteranalytisches Verfahren nach Ward mit der quadrierten euklidischen Distanz als Abstandsmaß (s. hierzu z.B. [BACH-94] oder 2.6.2.E). Testweise durchgeführte Auswertungen mit einem Sift-and-Shift-Verfahren¹ brachten bzgl. der Interpretierbarkeit der Ergebnisse (zur Gütebeurteilung von Verfahren s. 2.7) keine Verbesserung. Dieses Verfahren wurde deshalb durch Heidemann und Wimber nicht weiter verfolgt. Mittels einer Hauptkomponentenanalyse wurde die Heterogenität zwischen den Klassen getestet. Die Hauptkomponentenanalyse ergab hierbei keine Modifizierung des Verfahrens (s. hierzu auch 2.7 (2)). Der Repräsentant jeder Klasse wurde über das arithmetische Mittel der Klassengsamtheit abgeleitet.

Seit dem Bezugsjahr 1978 (für Tagesganglinientypen) bzw. 1982 (Tages-, Wochen- und Jahresganglinientypen) wird jeder Zählabschnitt durch ein in ersten Anfängen von Marklein entwickeltes und in der Folgezeit hauptsächlich von Heidemann und später von Schmidt modifiziertes Verfahren den jeweiligen Ganglinientypen zugeordnet (Beschreibung s. z.B. [SCHMIDT-01]). Die Zuordnung erfolgt grundsätzlich über die Minimierung der Abstandskvadratsumme zwischen der aus den Zählwerten des jeweiligen Zählabschnitts abgeleiteten Ganglinie und den zur Wahl stehenden kollektiven Ganglinientypen. Zur abschließenden Qualitätssicherung wird verlangt, dass diese Summe der Abstandskvadratsumme kleiner als der maximale Minimalabstand zwischen den Ganglinientypen ist. Anderenfalls wird der Zählabschnitt keinem Typen zugeordnet.

In die Typenbildung und in das Zuordnungsverfahren geht je Zählstelle und je untersuchten Zeitbereich (Tagegruppe, Woche oder Jahr) eine aus den Messdaten gebildete Ganglinie ein. Diese Ganglinie ist streng genommen für diese Zählstelle schon ein individueller Ganglinientyp. Dies setzt homogene Strukturen im untersuchten Bereich voraus. Aus diesem Grunde gehen hinsichtlich der Tagegruppen und der Wochen nur Werte aus dem Normalzeitbereich (frei von winterlichen Einflüssen, außerhalb der Ferienzeiten) ein.

¹ Algorithmen, die jedes Element auf seine Clusterzugehörigkeit sichten (sift) und ggf. in ein anderes Cluster verschieben (shift). [vgl. z.B. [STEIN-77]]

Die in [HEID-82] ermittelten Ganglinientypen sind heute nicht mehr zeitgemäß. Bedingt durch Änderungen in der Verkehrscharakteristik im Laufe der letzten Jahre, lassen sich zunehmend weniger Dauerzählstellen einem bestimmten Ganglinientyp zuordnen, so dass die Anwendung in der Praxis deutlich eingeschränkt wurde. Außerdem wurden im Laufe der Jahre aus dem Praxiseinsatz heraus Ansprüche abgeleitet, die auch eine methodische Weiterentwicklung bei der Bestimmung der einzelnen Typen erforderten.

In [HEID-83] wurde die Typisierung mit analogem Verfahren für Verkehrsstärkeganglinien des Schwerverkehrs vorgenommen. Die Prüfung der Heterogenität zwischen den Klassen wurde diesmal mit dem sog. Scheffé-Test² durchgeführt. Die Überprüfung der Klassen hat die Klassenbildung letztendlich in jedem Fall bestätigt. Die im Ergebnis abgeleiteten Typen unterschieden sich hier weniger in ihrem qualitativen Verlauf, als vielmehr in der quantitativen Ausprägung der Effekte (einzige Ausnahme: Tagesganglinie Sonntag mit vorwiegend auf BAB auftretendem Typ: extremer Anstieg nach 22 Uhr im Vergleich zu Typ mit weitgehend ausgeglichenem Verlauf). Die Interpretationsfähigkeit der Typen im gegenseitigen Vergleich blieb deshalb begrenzt. Die Bedeutung der Arbeit lag mehr in der allgemeinen Beschreibung des zeitlichen Verlaufs des Schwerlastverkehrs im Bundesfernstraßennetz als in der Klassifizierung der Straßenabschnitte anhand der unterschiedlichen zeitlichen Verläufe.

In [BRES-97] wurde versucht, die Ergebnisse aus [HEID-82] mit einem analogen Verfahren auf Grundlage der Daten der automatischen Dauerzählstellen von 1995 - allerdings nur BAB - zu aktualisieren. In Anlehnung an [HEID-83] wurde die Heterogenität zwischen den Klassen durch den sog. Scheffé-Test geprüft. Die Überprüfung hat die Klassenbildung in jedem Fall bestätigt (s. hierzu auch 2.7 (2)). Eine Erstellung von Jahresganglinientypen war aufgrund des verwendeten Datenmaterials nicht möglich. Wegen den grundsätzlichen Unterschieden in der Grundgesamtheit (nur BAB-Abschnitte) konnten die Ergebnisse nicht mit den Typen aus [HEID-82] verglichen werden. Da die Ergebnisse aus [BRES-97] nicht in die Kennzahlbildung der Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen eingeflossen sind, blieb die Wirkung dieser Arbeit begrenzt.

In [SCHMIDT-96] wurden mit einem analogen Verfahren innerörtliche Tagesganglinientypen abgeleitet (s. 1.3.2).

² Der Scheffé-Test ist ein Signifikanztest für mehrfache Mittelwertvergleiche (s. z.B. [BOR-93])

1.3 Typisierte Ganglinien zur Hochrechnung von Kurzzeitzählungen

1.3.1 Vorbemerkung

Für verkehrstechnische Untersuchungen von Straßenabschnitten und Knoten werden zur Minimierung des Erhebungsaufwandes häufig Kurzzeiterhebungen in den für die Fragestellung besonders relevanten Zeitbereichen durchgeführt. Kollektive Ganglinientypen werden hier für folgende Fragestellungen verwendet (s. z.B. [BERG-99]):

- Auswahl der für die Fragestellung relevanten Zeitbereiche
- Prüfung der Stichprobe auf Repräsentativität
- Prüfung auf Plausibilität
- Berechnung von statistischen Kennzahlen (DTV, MSV, usw.)

1.3.2 Ganglinientypen im Innerortsbereich nach Schmidt

In [SCHMIDT-96] erfolgt für Innerorts-Straßen die Berechnung der statistischen Kennzahlen (z.B. „durchschnittlicher täglicher Verkehr“ oder „maßgebende stündliche Bemessungsverkehrsstärke“) durch aus kollektiven Ganglinientypen abgeleiteten Hochrechnungsfaktoren. Wochen- und Jahresganglinientypen wurden auf Grundlage von Tageswerten aus automatischen Zählungen (58 Dauerzählstellen, davon 34 mit Fahrzeugartenunterscheidung), Tagesganglinientypen auf Grundlage von Stundenwerten aus manuellen Zählungen abgeleitet.

Bei den Jahresganglinien wurde als Einheit auf der Zeitachse ein Halbmonatsraster gewählt. Zur jahresweisen Vergleichbarkeit erfolgte je Jahr die Zuordnung der Einzelwochen zu den Halbmonatsbereichen über einen wochenweisen Vergleich der Lage der Feiertage und der Schulferien. Die Typenbildung erfolgte über Mittelung aller dem Typ zugeordneten Ganglinien. Nach Analyse möglicher Schichtungskriterien wurde aufgrund fehlender Trennschärfe für jede Fahrzeugart nur ein Typ ausgewiesen; ein Klassifizierungsproblem war somit hier nicht gegeben. Der Typ wurde über Mittelung der zugrunde gelegten drei Bezugsjahre ermittelt. Ggf. bestehende Unregelmäßigkeiten aufgrund von Sonderereignissen in den einzelnen Bezugsjahren wurden korrigiert.

Die Typisierung der Wochenganglinie erfolgte auf Grundlage von 7 „Normalwochen“ der Jahre 1992 und 1993. Eine Analyse der Einzelwerte führte hierbei zu einer Gruppierung in Abhängigkeit zum Sonntagsfaktor (Verhältnis des Sonntagsverkehrs zum Verkehr der mittleren Werktage Dienstag bis Donnerstag). Der jeweilige Typ wurde durch Mittelung aller dem Typ zugeordneten Ganglinien über die verwendeten Normalwochen abgeleitet.

Zur Ableitung der normalwerttäglichen Tagesganglinientypen wurde als Klassifizierungsmethode eine Clusteranalyse verwendet. Über den verwendeten Fusionierungsalgorithmus, bzw. die verwendete Metrik ist in [SCHMIDT-96] nichts angegeben. Es ist jedoch davon auszugehen, dass ein zu [HEID-82] analoges Verfahren gewählt wurde. Die Zuordnung zu den einzelnen Clustern erfolgte dann über gewisse Kennwerte (Quotient morgendlicher bzw. nachmittäglicher zu mittäglicher Verkehr). Schließlich wurde eine funktionale Beschreibung

der Cluster abgeleitet (Kernstadtbereich, Kernstadtrand, Stadtrand). Auf Grundlage der Tagesganglientypen wurden für die Hochrechnung günstige Zählzeiten identifiziert.

Die Ergebnisse sind nicht auf den Außerortsbereich übertragbar. Auch ist fraglich, ob die vorgenommene Differenzierung zwischen „neuen“ und „alten“ Bundesländern aktuell noch aufrechterhalten werden kann.

1.3.3 Schweizer Gangliniennorm

Zur Vereinheitlichung der Hoch- und Umrechnung von Verkehrserhebungsdaten sowie der Plausibilitätskontrolle von bestehenden Datensätzen wurde die Schweizer Gangliniennorm SN 640 005³ im Mai 1990 publiziert. Datengrundlage waren rund 160 automatische Zählstellen (Bezugsjahr 1984) im schweizerischen Straßennetz. Eine Klassifikation der Zählstellen wurde über einen visuellen Vergleich der Tagesganglinien herbeigeführt. Die Zuordnung zu einer Tagesganglinie legt dann auch die Zuordnung zu den jeweiligen Wochen- und Jahresganglientyp fest. Bei der Festlegung der Klassenanzahl waren folgende Kriterien maßgebend (vgl. [BERG-99]):

- Optische und numerische Trennschärfe
- Interpretierbarkeit hinsichtlich der Funktion des Streckenabschnittes
- Fehlerminimierung bei der Anwendung der auf der Typisierung aufbauenden Hochrechnung

Im November 1995 wurde die Norm durch eine Beilage ergänzt, welche die Ganglientypen des Schwerverkehrs wiedergibt. Die Gangliniennorm wurde schließlich in [BERG-00] auf Grundlage der Daten von 220 automatischen Dauerzählstellen des Jahres 1997 aktualisiert. Die Aktualisierung betrifft vornehmlich die Zuordnung der Dauerzählstellen zu den jeweiligen Ganglientypen. Die Typen wurden teilweise den jetzigen Gegebenheiten angepasst. In der diese Aktualisierung vorbereitenden Forschungsarbeit [BERG-99] wird angemerkt, dass eine Jahresganglinientypisierung auf Grundlage nur eines Bezugsjahres wegen der Problematik der variablen Feiertage und der im Jahresvergleich bestehenden Witterungsunterschiede nicht zielführend ist. Eine gleichzeitige Zuordnung zu Tages-, Wochen- und Jahresganglientypen unterstellt einen Zusammenhang zwischen diesen verschiedenen Zeitbereichstypen, der durch die im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit vorgenommenen Auswertungen nicht bestätigt werden konnte.

³ normals SN 641 230a

1.4 Typisierte Ganglinien zur Nachfragemodellierung

1.4.1 Berechnung von Reisezeitverlusten als Grundlage der baulichen oder betrieblichen Planung

1.4.1.1 *Modellierung des Verkehrsablaufs*

Prinzipiell stehen für die Modellierung des Verkehrsablaufs mikroskopische und makroskopische Ansätze zur Verfügung. Mikroskopische Modelle sind dadurch gekennzeichnet, dass die Fahrbewegung jedes einzelnen Fahrzeugs mittels Fahrer- und Fahrzeugparameter verfolgt wird. Makroskopische, verkehrliche Parameter werden hier aus den Einzelfahrzeugdaten erzeugt. Zu diesem Zweck sind detaillierte Annahmen und Parameterkalibrierungen erforderlich.

Makroskopische Modelle basieren auf Fahrzeugkollektiven. Sie benötigen grundsätzlich weniger Eingangsparameter. Entscheidende Bedeutung hat das zugrunde gelegte Fundamentaldiagramm und dessen Kalibrierung. Damit kann von der Verkehrsnachfrage (Verkehrsstärke) und der unterstellten Kapazität eines Abschnittes auf die Verkehrsqualität geschlossen werden.

Einfache makroskopische Modelle (wie z.B. in [EWS-97]) bauen auf einer sog. Dauerlinie als Verkehrsnachfragemodell auf. Die einzelnen Verkehrsstärkewerte sind hier von ihrer zeitlichen Verbindung gelöst der Größe nach geordnet. Dieses Modell ist einfach aufzustellen und zu handhaben. Zudem sind die darauf aufbauenden makroskopischen Modelle robust, d.h. eine leichte Veränderung der Eingangsparameter bewirkt i.d.R. nur (im Vergleich zu anderen Modellen) leichte Veränderungen im Ergebnis. Diese Robustheit ist insbesondere im Zusammenhang mit Unschärfen der Eingangsparameter (z.B. bei Prognosedaten oder Schätzungen auf Grund von Datenlücken) von Bedeutung.

Allerdings kann auf Grundlage eines Dauerlinienmodells nicht auf die Auswirkung identifizierter Überlastungen auf die nachfolgenden Zeiteinheiten geschlossen werden. Hierzu ist eine zeitlich kontinuierliche Darstellung der Verkehrsnachfrage über den Betrachtungszeitraum (i.d.R. ein Jahr) erforderlich. U.a. aus Gründen der Datenerhebung wird diese Darstellung (Jahresganglinie der Zeiteinheiten (z.B. Stundenwerte)) oft aus dem DTV und typisierten Verkehrsstärkeganglinien abgeleitet. Neben dem vergleichsweise geringen Erhebungsaufwand haben kollektive Ganglinientypen gegenüber individuellen den Vorteil, dass aufgrund von regelmäßigen Überlastungen auftretende Kappungen der Verkehrsnachfrage ausgeglichen werden. Der stärkere Generalisierungsgrad von kollektiven im Vergleich zu individuellen Ganglinientypen lässt ansonsten allerdings höhere Abweichungen zur tatsächlichen Verkehrsnachfrage erwarten.

Kollektive Ganglinientypen werden deshalb weniger bei Fragestellungen, die eine spezifische Situation betreffen, als vielmehr bei vergleichenden Fragestellungen auf einem höheren Abstraktionsgrad angewendet. Im Nachfolgenden sind bestehende Anwendungsfälle dargestellt.

1.4.1.2 Planung von Baustellen

Gemäß der Richtlinie für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA) sind Arbeitsstellen so zu planen, dass ihre Dauer und räumliche Ausdehnung die Verkehrsabwicklung möglichst wenig erschweren. In jüngster Zeit gibt es in mehreren Bundesländern Bestrebungen, dieser Anforderung auf BAB durch eine EDV-unterstützte Abschätzung der mit der Arbeitsstelle verbundenen Reisezeitverluste gerecht zu werden. In [BECK-00] wurde ein Verfahren entwickelt, das Staudauer und Staulängen infolge von Tages- und Dauerbaustellen auf Autobahnen abschätzt. Hierbei wurden auch mehrere auf Ganglinientypen basierende Modelle zur Verkehrsnachfragemodellierung getestet. Insgesamt wird ihr Einsatz für diese Fragestellung wegen der damit im Einzelfall verbundenen Ungenauigkeiten kritisch beurteilt.

In der Verkehrszentrale Hessen ist derzeit ein Programm im Einsatz, das die Verkehrsnachfrage auf Grundlage von individuellen Ganglinientypen modelliert. Hierbei werden die Typen aus der Summe der Einzeldaten nicht nur mittels Median oder Mittelwert, sondern auch über das 70- oder 90-Prozent-Perzentil abgeleitet. Mit dieser Art der Verkehrsnachfragemodellierung ist nicht nur eine Folgeabschätzung im „Normalfall“, sondern auch eine Risikoabschätzung für zwar überdurchschnittliche, aber trotzdem für diesen Streckenabschnitt nicht ungewöhnliche Verkehrsnachfragen möglich.

1.4.1.3 Umnutzung von Seitenstreifen

Der größte Nutzen bei der Seitenstreifenumnutzung wird in der Verbesserung der Qualität des Verkehrsablaufes erwartet. Bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit solcher Maßnahmen stellt die Modellierung der Verkehrsnachfrage deshalb eine zentrale Position dar. In [ARN-01] wird die Nachfragemodellierung auf Grundlage von individuellen Tagesganglinientypen durchgeführt. Die Typen werden durch Mittelung über die jeweilige Tagesgruppe (z.B. Tagesgruppe „Montag“) eines Jahres ermittelt. Dieses Vorgehen kann bei Abschnitten mit regelmäßigen Überlastungen im Tagesverlauf – wegen Kappung / zeitlicher Verschiebung der Nachfrage – zu Unschärfen führen.

1.4.1.4 Bewertung von Baumaßnahmen

Die Bewertung und Planung von Neubaumaßnahmen im Bundesfernstraßennetz findet im Rahmen des Bundesverkehrswegeplanes (BVWP) statt. Bei der Aufstellung des BVWP wurden in der Vergangenheit die tageszeitlichen Schwankungen der Verkehrsnachfrage ausschließlich im Bewertungsprozess behandelt. Innerhalb des Verfahrens zum aktuellen Bundesverkehrswegeplan 2003 wurde jede Strecke aufgrund ihrer Netzstruktur einem kollektiven Tagesganglinientypen zugeordnet und somit die tageszeitlichen Schwankungen in die Netzberechnung integriert (s. [IVV-00]). Die Tagesganglinientypen wurden vorwiegend durch Überlagerung reisezweckspezifischer Tagespegel, wie sie aus Ergebnissen von Verkehrsbefragungen vorliegen (z.B. KONTIV), ermittelt. Das dabei verwendete Klassifizierungsverfahren ist im Detail nicht veröffentlicht. Teilweise (Sonntag) wurde auch auf die Typen von Heidemann und Wimber [HEID-82] zurückgegriffen. Die jahreszeitlichen Schwankungen werden über Faktoren des DTV zwischen den Fahrtzweckgruppen Werktag, Urlaubswerktag sowie Sonn- und Feiertag berücksichtigt.

Analog zum Straßenneubau soll zukünftig auch die Planung der Erhaltungsmaßnahmen systematisiert werden. Bzgl. der Erhaltung von Ingenieurbauwerken im Bundesfernstraßennetz wird derzeit ein Bauwerksmanagementsystem (BMS) konzipiert ([HELL-02]). Von Interesse sind hier die Zeitverluste, die durch die Durchführung von Erhaltungsmaßnahmen oder durch die Verschlechterung des Straßenzustands zu erwarten sind. Im aktuellen Konzeptentwurf werden Ganglinientypen zur Verkehrsnachfragemodellierung verwendet. Hierbei wird innerorts auf die Typen nach [SCHMIDT-96] und außerorts auf Tagesganglinientypen nach [HEID-82] und vereinfachten Annahmen zu Wochen- und Jahresganglinientypen nach [SCHMU-87] (Datengrundlage für Typen stammt aus Bezugsjahr 1980 und älter) abgestellt.

In [OBER-03] wurden die jährlichen Reisezeitverluste durch Arbeitsstellen für das Bezugsjahr 1998 quantifiziert. Die Verkehrsnachfragemodellierung wurde auf Grundlage der in der vorliegenden Arbeit entwickelten Tages- und Wochenganglinien vorgenommen. Die Robustheit des Modells wurde hier durch die Berücksichtigung stochastischer Schwankungen über eine Normalverteilung deutlich erhöht (s. weiterführend auch 3.6 und 5.1).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass bei der Quantifizierung von infrastrukturell bedingten Reisezeitverlusten die Verkehrsnachfragemodellierung auf Grundlage von kollektiven Ganglinientypen mittlerweile als gängige Verfahrenspraxis angesehen wird. Angesichts der nicht vermeidbaren Unschärfen der als Eingangsparameter einfließenden (Prognose-)Werte erfüllen die darauf aufbauenden Modelle die verlangten Genauigkeitsanforderungen bei vertretbarem Datenbereitstellungsaufwand. Um die Modelle robuster zu gestalten, sollte der stochastische Charakter der Verkehrsnachfrage zukünftig in die Modellierung stärker einfließen.

1.4.1.5 Bemessung von Straßenverkehrsanlagen

Die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen zielt darauf, ein vorhandenes oder prognostiziertes Verkehrsaufkommen mit ausreichender Qualität des Verkehrsablaufs und hoher Verkehrssicherheit abzuwickeln. Diese Ziele stehen häufig im Widerspruch zu den begrenzten Mitteln für Bau und Betrieb. Deshalb besteht Konsens darüber, dass Anlagen für den Straßenverkehr nicht für die höchste jemals auftretende Spitzenbelastung ausgelegt werden können. Die traditionelle Bemessungsmethode konzentriert sich auf eine spezielle stündliche Verkehrsnachfrage. Bei der Bemessung von Straßenverkehrsanlagen wird in Deutschland die so genannte 30. höchstbelastete Stunde des Jahres als für die Dimensionierung maßgeblich erachtet (s. [BMVBW-02b]). Die Bemessung nach der 30. Stunde bedeutet, dass eine Überlastung der Straße in 30 Stunden des Jahres in Kauf genommen wird [HBS-01]. Die genauen Folgen der Überlastungsereignisse bleiben hierbei unberücksichtigt. In jüngster Zeit gibt es Bestrebungen, die Bemessung nicht nur anhand der Analyse einer einzelnen Stunde vorzunehmen. In [BRI-03] wurde der Versuch unternommen, ein Bemessungsverfahren für Autobahnen und Landstraßen abzuleiten, dass die Verkehrsqualität zumindest über ein Jahr (Vergleich der Verkehrsnachfrage mit der Kapazität für jede Stunde des Jahres) betrachtet. Auf Grundlage der Auswertung von vier Dauerzählstellen auf ausgewählten BAB-Abschnitten wurden hinsichtlich ihrer diesbezüglichen Verwendbarkeit insbesondere verschiedene Verfahren der Verkehrsnachfragemodellierung beurteilt. Ein auf den Ganglinientypen von Heidemann/Wimber [HEID-82] aufbauendes Verfahren wurde als ungeeignet eingeschätzt. Die besten Ergebnisse wurden mit kollektiven Tagesganglinientypen nach [HEID-82] in Verbindung mit realen Tageswerten erzielt. Dieses Verfahren ist allerdings vergleichsweise datenintensiv. Die Ergebnisse der Reisezeitberechnung verhalten sich insgesamt ge-

genüber den verwendeten Eingangs- und Modellparametern äußerst sensitiv, d.h. schon geringe Schwankungen der Eingangsparameter führen zu vergleichsweise starken Schwankungen der Ergebnisse.

1.4.2 Datengrundlage für die verkehrstechnische Anwendung

Kollektive Ganglinientypen haben für die Prognose im Rahmen der Verkehrssteuerung wegen des dort benötigten Detaillierungsgrades keine Bedeutung. Sie kommen allerdings bei der Planung von verkehrstechnischen Anwendungen zum Einsatz. Beispielsweise werden in [MAI-00] Steuerungskriterien für zeitlich begrenzte LKW-Überholverbote erarbeitet. Hierzu waren aus vorliegenden Verkehrsdaten durchschnittliche, stundengruppenspezifische Verkehrsstärken für einzelne Streckenabschnitte zu ermitteln. Hierfür wurde die typisierte Tagesganglinie für die Tagesgruppe „Dienstag bis Donnerstag“ nach [HEID-82] verwendet. Darauf aufbauend erfolgte eine Unterteilung des täglichen Verkehrs in 6 relevante Stundengruppen. Die weitere Auswertung wurde dann getrennt nach diesen Stundengruppen durchgeführt.

Hinsichtlich der Bedeutung von individuellen Ganglinientypen für die verkehrstechnische Anwendung wird in [FGSV-02] ausgeführt: „Historische Daten sind über gewisse Zeiträume verdichtete Daten, die vor allem als Grundlage für Prognosen dienen. Sie gewinnen als Erwartungswerte für Verkehrskenngrößen insbesondere bei wachsendem Prognosehorizont an Bedeutung. Im Praxiseinsatz sind im Außerortsbereich streckenabschnittsbezogene Fundamentaldiagramme (Modellierung der Kapazität) und typisierte Tagesganglinien (Modellierung der Verkehrsnachfrage) die gängigsten historischen Daten. ... Bei den typisierten Ganglinien werden in der X-Achse 24 Stunden in einheitliche Zeitabschnitte unterteilt (z. B. 15 Minuten), in der Y-Achse findet sich eine über diese Zeitabschnitte verdichtete Verkehrskenngröße (z. B. Geschwindigkeit, Verkehrsstärke, Abbiegeanteil, Verkehrsdichte, Reisezeit, Reisezeit pro Kilometer). Die Aggregation kann über die Bildung des Mittelwerts sowie des Medians oder anderer Perzentile erfolgen. Die typisierten Ganglinien repräsentieren hierbei eine Gruppe von Tagen mit einer bzgl. der dargestellten Verkehrskenngröße homogenen Verkehrsstruktur (z. B. Urlaubswerktage, „regnerische“ Montage, Werktag mit Sonderereignis). Für die Nachfragemodellierung werden teilweise auch Quelle-Ziel-Matrizen herangezogen. Auch für Anwendungen im Innerortsbereich werden Tagesganglinien verwendet. In der Lichtsignalsteuerung mit Festzeiten werden charakteristische Bereiche der Ganglinien zur Grünzeitbemessung verwendet, bei dynamischen Parkleitsystemen werden Tagesganglinien für die Belegung zur Parkraumprognose eingesetzt.“

In der Praxis erfolgt die Typenbildung hierbei in der Regel durch eine Klassifikation der Wochentage und/oder eine manuelle Einteilung. Ein Verfahren zur Typenbildung mit Hilfe der Clusteranalyse zur Identifikation von Tagen mit ähnlicher Verkehrsstruktur an einem Untersuchungsabschnitt findet sich in [KLEIN-02]. Als Clusteralgorithmus wird ein sog. Medoid-Verfahren verwendet. Hierbei handelt es sich letztendlich um eine Weiterentwicklung des in 2.6.2 vorgestellten Zentroid-Verfahrens. Als Daten standen neben den Verkehrsstärken auch Geschwindigkeiten (getrennt nach Pkw und Lkw) auf Minutenbasis zur Verfügung. Als Kenn-

größen wurden aus Gründen der Unabhängigkeit die Verkehrsstärke (Kfz), die Pkw-Geschwindigkeit und der Schwerverkehrsanteil verwendet. Die Minutenwerte wurden (u.a. auch um die Anzahl der Ausgangsvariablen zu minimieren) aggregiert und geglättet. Die Ausgangsvariablen der Clusteranalyse lassen sich hier als dreidimensionale Matrix (erste Dimension: Betrachtete Tage, zweite Dimension: Messzeitpunkte, dritte Dimension: die o.g. Kenngrößen) darstellen und sind somit vergleichsweise komplex. Das Verfahren wurde auf einige Messquerschnitte des hessischen Autobahnnetzes angewendet. Erfahrungen aus dem praktischen Betrieb hinsichtlich der Verwendung von auf Basis dieses oder eines vergleichbaren clusteranalytischen Verfahrens abgeleiteten Ganglinientypen sind dem Autor der vorliegenden Arbeit nicht bekannt.

Festzuhalten ist, dass sich bzgl. der Ableitung sowohl typisierter individueller als auch typisierter kollektiver Ganglinien die damit verbundenen methodischen Problemstellungen ähneln, so dass das in der vorliegenden Arbeit vorgestellte Klassifizierungsverfahren grundsätzlich auch zur Ableitung individueller Ganglinientypen verwendet werden kann.

1.5 Problemstellung

Die in [HEID-82] ermittelten Ganglinientypen sind heute nicht mehr zeitgemäß. Bedingt durch Änderungen in der Verkehrscharakteristik im Laufe der letzten Jahre lassen sich zunehmend weniger Dauerzählstellen einem bestimmten Ganglinientyp zuordnen, so dass die Anwendung in der Praxis deutlich eingeschränkt wurde. Außerdem wurden im Laufe der Jahre aus dem Praxiseinsatz heraus Ansprüche abgeleitet, die auch eine methodische Weiterentwicklung bei der Bestimmung der einzelnen Typen erforderten. In Bezug auf die Ganglinientypen nach [HEID-82] lassen sich folgende Nachteile identifizieren:

- (1) Die Gütebeurteilung der o.g. Verfahren stellt vornehmlich auf die Heterogenität zwischen den Klassen ab. Diese ist meistens schon aufgrund der hohen Variablenanzahl verfahrensimmun. So hat keines der zur Gütebeurteilung verwendeten Verfahren (Hauptkomponentenanalyse in [HEID-82], Scheffe'-Test in [BRES-97]) zu einer Modifizierung der Ergebnisse geführt. Dies kann angesichts der Sensibilität der Ergebnisse in Abhängigkeit von schon kleinen Verfahrensänderungen im clusteranalytischen Prozess nicht befriedigen.
- (2) Die Ableitung der Typen und das Zuordnungsverfahren beruhen allein auf dem Distanzkriterium. Qualitative Unterschiede im Kurvenverlauf fließen hier also nicht ein, obwohl die Gütebeurteilung des Verfahrens stark auf die Interpretierbarkeit der Ergebnisse und somit auf den qualitativen Verlauf Bezug nimmt. Dies bereitet auch dann Probleme, wenn Effekte im regionalen Vergleich zeitlich verschoben in Erscheinung treten (z.B. verschobene Morgenspitze bei werktäglichen Tagesganglinien).
- (3) Der Jahresganglinientypisierung liegt in [HEID-82] nur ein Bezugsjahr zugrunde. In [SCHMIDT-96] wurde nachgewiesen, dass insbesondere Jahresganglinienverläufe von für die einzelnen Bezugsjahre spezifischen „Großwetterlage“ beeinflusst werden. Die abgeleiteten Typen sind also für mehrere Jahre nur bedingt repräsentativ. Die verwendete Zeitachse ist u.a. aufgrund variabler, auf den Mondkalender beruhender Feiertage und

Veränderungen in den Ferienzeiten nur bedingt auf andere Bezugsjahre übertragbar. Auch hierzu wurden in [SCHMIDT-96] erste Lösungsansätze vorgestellt.

- (4) Bei der Jahresganglinientypisierung wurde in [HEID-82] keine einheitliche Darstellung vorgenommen. Während über die sog. Hauptreisezeit gemittelt wird, werden die anderen Zeitbereiche differenziert nach Wochenwerten dargestellt. Dies schränkt die Aussagekraft der Jahresganglinientypen erheblich ein.
- (5) Aufgrund methodischer Probleme (s. 1.2) ist bei Tagegruppen und Wochen nur eine Betrachtung des Normalzeitbereichs (frei von winterlichen Einflüssen, außerhalb der Ferienzeit) möglich⁴. Phänomene wie durch Feiertage verlängerte Wochenenden, Ferienreiseverkehr o.ä. werden durch diese Ganglinientypen also nicht berücksichtigt.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Typisierung der Tages-, Wochen- und Jahresganglinien unter Lösung der o.g. Problemstellungen zu aktualisieren. Weiterhin waren Zuweiskriterien zu entwickeln, nach denen die einzelnen Dauerzählstellen für Außerortsstraßen auch zukünftig verschiedenen Typen zugeordnet werden können.

Hierzu standen die Daten der im Auftrag des BMVBW von der BAST ausgewerteten automatischen Dauerzählstellen im Fernstraßennetz (der Focus liegt hierbei auf den Bundesfernstraßen) für mehrere Bezugsjahre zur Verfügung. Diese Dauerzählstellen messen mittels Induktivschleifendetektoren die Verkehrsstärke je Stunde getrennt nach Fahrzeugarten. Um die beschriebene Zielsetzung zu erreichen, ist folgendes Klassifizierungsproblem zu lösen: Auf Grundlage der Daten der Bezugsjahre sind die Dauerzählstellen je Tagegruppe/Woche/Jahr in bzgl. der beschriebenen Anwendungen (vergleichende Beschreibung, Verkehrsnachfragemodellierung) homogene Klassen einzuteilen. Für jede Klasse ist ein Repräsentant, also eine typische Verkehrsstärkeganglinie, abzuleiten.

Weiterhin werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit die Einsatzmöglichkeiten und –grenzen der abgeleiteten Typen diskutiert. Ein besonderer Schwerpunkt liegt hierbei auf ihrer Verwendbarkeit für die Verkehrsnachfragemodellierung. Bei der Typenbildung ist zu beachten, dass für die meisten Anwendungen besonders die jährlichen Spitzenstunden (im zeitlichen Kontext) von Interesse sind.

⁴ Die grundsätzliche Problematik wurde in [BRI-03] bestätigt.

2 Clusteranalyse

2.1 Vorbemerkung

Clusteranalytische Verfahren gehören zu den grundlegenden Werkzeugen der multivariaten Statistik und sind dementsprechend vielfach in der Literatur dargestellt. Auf eine Darstellung der einzelnen Verfahren in Formelsprache wird deshalb verzichtet. Es sei hier z.B. auf [BACH-94], [BACK-94], [HART-84] oder [STEIN-77] verwiesen, in deren Anlehnung auch die folgende Beschreibung der Verfahren erfolgt⁵. Der Schwerpunkt des Kapitels liegt aber auf der im Rahmen der Bearbeitung vorgenommenen Prüfung der Verwendbarkeit der Verfahren für die vorliegende Fragestellung.

2.2 Grundlagen der Clusteranalyse

Unter dem Begriff Clusteranalyse werden Verfahren zur Kategorienbildung verstanden. Jeder Clusteranalyse liegt die Grundvorstellung der Homogenität, also dem Vorhandensein homogener Gruppen, in der Gesamtheit der interessierenden Objekte zugrunde:

- Objekte, die zu einer Klasse gehören, sollen sich ähnlich sein (Homogenität innerhalb der Klasse)
- Objekte, die verschiedenen Klassen angehören, sollen sich erkennbar unterscheiden (Heterogenität zwischen den Klassen)

Dieser Homogenitätsgedanke ist eine Voraussetzung der Clusteranalyse. Es obliegt dem Anwender zu prüfen, ob diese Voraussetzung erfüllt ist⁶ oder nicht. Primäres Ziel der clusteranalytischen Verfahren ist es dann, diese homogenen Gruppen (=Klassen, Cluster) zu identifizieren, d.h. die Menge von Klassifikationsobjekten in homogene Gruppen zusammenzufassen. Die Klassenzugehörigkeit der Objekte soll dabei wesentlich durch den Grad der Ähnlichkeit der Objekte festgelegt werden. Zur Festlegung dieses Grads der Ähnlichkeit werden Distanzmaße verwendet (s. 0). Neben der Wahl des Distanzmaßes ist auch die Wahl des zur Kategorienbildung verwendeten Fusionierungsalgorithmus (s. 2.6) von wesentlicher Bedeutung.

2.3 Objektorientierte und variablenorientierte Datenanalyse

Klassifikationsobjekte können Zeilen (Objekte) oder Spalten (Variablen) einer Datenmatrix sein. Bei einer objektorientierten Datenanalyse werden Objekte (Zeilen) aufgrund ihrer Ähnlichkeit bzgl. bestimmter Variablen in homogene Gruppen zusammengefasst. Bei einer va-

⁵ Bei der Darstellung des grundlegenden Basiswissens zu clusteranalytischen Verfahren wird auf Literaturverweise verzichtet.

⁶ Die Bearbeitung hat gezeigt, dass die Homogenität im untersuchten Kollektiv erfüllt ist. Für die vorliegende Problemstellung sind clusteranalytische Verfahren also die am besten geeigneten Lösungsansätze.

riablenorientierten Datenanalyse werden Variablen (Spalten) aufgrund ihrer Ähnlichkeit in bestimmten Objekten in homogene Gruppen zusammengefasst.

In der vorliegenden Arbeit werden objektorientierte Clusteranalysen zur Typenbildung von Ganglinien verwendet: Die Ganglinien verschiedener Zählabschnitte sollen anhand bestimmter Merkmale zu homogenen Gruppen zusammengefasst werden. Variablenorientierte Clusteranalysen kommen bei der Ermittlung einer geeigneten Zeitachse der Jahresganglinien zum Einsatz: Es sollen Zeitbereiche mit homogenen Wochenverkehrsstärken ermittelt werden (auf deren Grundlage dann eine weiterführende objektorientierte Clusteranalyse erfolgt).

2.4 Variablenauswahl (bei einer objektorientierten Clusteranalyse)

Objektorientierte Clusteranalysen gruppieren Merkmalsträger nach ihrer Ähnlichkeit bzw. Unterscheidbarkeit bezüglich der verwendeten Merkmale (=Variablen). Das Ergebnis der Clusteranalyse ist also in starkem Maße von der Auswahl der Variablen abhängig. Um die Ergebnisse der Clusteranalyse in Bezug auf die verwendeten Variablen interpretieren zu können, ist die Kenntnis der Beziehung zwischen den Variablen und ihr relativer Einfluss auf die Objekte notwendig. Hinsichtlich der o.g. Interpretierbarkeit sind die Variablen idealerweise gegeneinander unabhängig und normiert. Etwaige Korrelationen der Variablen können u.a. durch die Wahl eines geeigneten Distanzmaßes (s. 0) ausgeglichen werden.

2.5 Ähnlichkeits- und Unähnlichkeitsmaße

Während Ähnlichkeitsmaße die Ähnlichkeit zwischen zwei Objekten widerspiegeln, messen Unähnlichkeitsmaße deren Unähnlichkeit. Grundsätzlich lassen sich Ähnlichkeitsmaße aus vorliegenden Unähnlichkeitsmaßen ableiten und umgekehrt. Typischerweise werden aber Korrelationskoeffizienten als „echte“ Ähnlichkeitsmaße und Distanzmaße als „echte“ Unähnlichkeitsmaße verwendet.

Die Verwendbarkeit von bestehenden Distanzmaßen hängt vom Skalenniveau der Ausgangsdaten und vom verwendeten Gruppierungskriterium (s. 2.6) ab. Die Verwendung eines geeigneten Korrelationskoeffizienten setzt voraus, dass für die zugrunde liegende Datenstruktur Ähnlichkeitsbeziehungen existieren und bei der Interpretation der Daten von Interesse sind. Insbesondere auf metrischem Skalenniveau werden deshalb für die objektorientierte Clusteranalyse i.d.R. Distanzmaße und für die variablenorientierte Clusteranalyse i.d.R. Korrelationskoeffizienten verwendet. Für metrisch skalierte Merkmale werden die gängigsten Maße im Folgenden kurz vorgestellt.

I. Minkowski-Metrik

Die Minkowski-Metrik wird als Summe der normierten Differenzwerte jeder Eigenschaft der Objektpaare gebildet. Je nach verwendeter Norm wird von City-Block-Metrik (Absolutbetrag), von der Euklidischen Distanz (Quadrat und Anwendung der Quadratwurzel auf die Endsumme) bzw. von der Quadrierten Euklidischen Distanz (Quadrat ohne Anwendung der Quadratwurzel) gesprochen. Die City-Block-Metrik gewichtet im Vergleich zu den beiden

anderen Distanzmaßen stärker kleine Unterschiede in vielen Variablen gegenüber größeren Unterschieden in weniger Variablen. Sie wurde deshalb für die vorliegende Fragestellung nicht berücksichtigt. Ebenso wurde auf die Verwendung von Minkowski-Metriken verzichtet, die die Wirkung von Ausreißern noch stärker betonen als die Euklidische Distanz (z.B. Tschebychev).

Die Anwendung von Minkowski-Metriken zur Clusteranalyse verlangt vergleichbare Maßeinheiten bei den zugrunde liegenden Merkmalen. Ggf. sind die Merkmale also vor Durchführung der Analyse zu standardisieren.

Korrelationen zwischen den verwendeten Merkmalen können zu Verzerrungen hinsichtlich der Gruppierungsergebnisse führen. Dies kann durch geeignete Transformationen verhindert werden (s. z.B. [STEIN-77] S.59ff). Alternativ hierzu kann von vornherein auf Unabhängigkeit (bzw. Interpretierbarkeit der Korrelationen) der untersuchten Merkmale geachtet werden.

II. Produktmomentkorrelationskoeffizient

Mit Hilfe des Produktmomentkorrelationskoeffizienten (auch Pearsonscher oder Q-Korrelationskoeffizient genannt) lässt sich ein Ähnlichkeitsmaß definieren. Die durch Transformation aus diesem Ähnlichkeitsmaß gewonnene Distanzfunktion wird der Kosinus genannt. Da bei der Ganglinientypisierung auch der qualitative Verlauf der Ganglinie von Interesse ist, ist eine Anwendung des Pearsonschen Korrelationskoeffizienten bei der vorliegenden Fragestellung neben der variablenorientierten (Auswahl der relevanten Zeitbereiche) auch für eine objektorientierte Clusteranalyse denkbar. Die Ergebnisse dieser Analyse sind allerdings nur bedingt interpretierbar.

2.6 Clusteranalysealgorithmen

2.6.1 Kriterien zur Systematisierung

Clusteranalysealgorithmen können unterschieden werden nach dem Gruppierungsergebnis, dem Gruppierungsprozess und dem Gruppierungskriterium.

Nach der Form der gesuchten Gruppierung wird zwischen hierarchischem und nicht-hierarchischem Verfahren unterschieden. Während sich bei den hierarchischen Verfahren die Anzahl der Gruppen je Algorithmusschritt um 1 verändert, bleibt bei den nicht-hierarchischen Verfahren die einmal vorgegebene Gruppenanzahl unverändert. Bei den hierarchischen Verfahren bildet also auch die Ermittlung der optimalen Anzahl an Clustern einen Schwerpunkt, während nicht-hierarchische Verfahren ausschließlich die Verbesserung einer vorgegebenen Anfangspartition durch Verschieben der Elemente zwischen den einzelnen Clustern anstreben. Über die Frage nach der Anzahl der Cluster und der Verteilung der Anfangspartition ist hier im Vorfeld der Verfahrensanwendung zu entscheiden. Dagegen ist ein Nachteil von hierarchischen Verfahren, dass einmal vorgenommene Zusammenfassungen bzw. Trennungen von Objekten nicht mehr innerhalb des Verfahrens rückgängig gemacht werden können. Deshalb wird zur Verbesserung der Ergebnisse von hierarchischen Analysen oft ein nicht-hierarchisches Verfahren nachgeschaltet. Auf der anderen Seite können hierarchische

Verfahren dazu verwendet werden, die Anfangspartition inkl. Clusteranzahl für die nicht-hierarchischen Verfahren zu bestimmen.

Hierarchische Clusterverfahren werden hinsichtlich der Fusionierung nach agglomerativen und divisiven Prozessen unterschieden. Während bei den agglomerativen Verfahren ausgehend von der feinsten Partition (jedes Untersuchungsobjekt bildet eine Gruppe) durch Zusammenfassung größere Gruppen gebildet werden, startet der divisive Prozess von der größten möglichen Anfangspartition (eine Gruppe mit allen Elementen) und führt je Algorithmuschritt eine Gruppenaufteilung durch. Divisive Verfahren sind rechenzeitaufwendig. Innerhalb der vorliegenden Arbeit wurden nur agglomerative Verfahren betrachtet. Im Folgenden werden die im Rahmen der Arbeit verwendeten Verfahren kurz vorgestellt.

2.6.2 Hierarchische Verfahren

A. Single Linkage (auch: Nearest neighbour / Minimummethode)

Eine Fusionierung findet zwischen den beiden Gruppen statt, welche die zueinander am nächsten liegenden Nachbarobjekte besitzen. Dieses Verfahren neigt zum Aneinanderreihungseffekt: Einige wenige Mitglieder einer Gruppe können Brückenköpfe zu anderen Gruppen bilden und im Ergebnis Objekte zusammenführen, die wenig Ähnlichkeit zueinander aufweisen. Das Verfahren neigt dazu, viele kleine und wenige große Gruppen zu bilden. Es ist für alle Distanzmaße geeignet und wurde in der Phase der Datenaufbereitung zur Identifizierung von Ausreißern verwendet.

B. Complete Linkage (auch: Furthest neighbour / Maximummethode)

Hier sind die Abstände der am weitest entfernten Objekte zwischen zwei Gruppen von Bedeutung. Fusioniert werden die beiden Gruppen, bei denen dieser Abstand minimal ist. Dieses Verfahren betont also die Homogenität innerhalb einer Gruppe. Es neigt dazu, in etwa gleich große Gruppen zu bilden. Es ist für alle Distanzmaße geeignet und wurde testweise zur Typisierung der Wochenganglinien verwendet. Mit diesem Verfahren wurden hier keine interpretierfähigen Ergebnisse erzielt. Bei den anderen Typisierungen (Tages- und Jahresgang) wurde es deshalb nicht weiter verfolgt.

C. Average-Linkage (auch: Mittelwertmethode)

Der entscheidende Kennwert ist hier der Mittelwert aller paarweisen Distanzen zwischen zwei Gruppen. Je nach Art der Mittelwertbildung wird zwischen Simple-Average-Linkage, Weighted-Average-Linkage und Within-Average-Linkage unterschieden. Die beiden erst genannten Verfahren sind relativ ähnlich und liefern in der Regel auch ähnliche Ergebnisse. Average-Linkage-Verfahren sind für alle in 0 vorgestellten Distanzmaße geeignet. Insbesondere mit Within-Average-Linkage wurden im Rahmen der Generierung der Ausgangspartition für die Nicht-hierarchischen Verfahren gute Ergebnisse erzielt. Das Verfahren lieferte auch in Verbindung mit dem Korrelationskoeffizienten als Metrik die am besten interpretierbaren Ergebnisse bei der Auswahl der für die Jahresganglinientypisierung relevanten Zeitbereiche.

D. Zentroid-Verfahren

Bei diesem Verfahren wird zunächst mit Hilfe der quadrierten euklidischen Distanz der Schwerpunkt jeder Gruppe gebildet und dann jeweils zwischen zwei Gruppen die Distanzen der Schwerpunkte berechnet. Die beiden Gruppen mit den minimalen Distanzen der Schwerpunkte werden zusammengeführt. Zur Interpretation der Ergebnisse ist es natürlich erforderlich, für die Schwerpunktberechnung und die Distanzbestimmung zwischen den Schwerpunkten auf dieselbe Metrik zurückzugreifen. Das Verfahren ist deshalb nur in Verbindung mit der quadrierten euklidischen Distanz (oder einer Distanz, die dieser ähnlich ist) sinnvoll. Ein Nachteil des Verfahrens ist die fehlende Monotonie des Heterogenitätsmaßes, d.h. bei Verwendung dieses Verfahrens ist nicht sicher gestellt, dass die Unähnlichkeiten zwischen den Gruppen in jedem Algorithmussschritt zunehmen. Im Rahmen der Generierung der Ausgangspartition für die Nicht-Hierarchischen Verfahren wurden mit Hilfe des Zentroids brauchbare Ergebnisse erzielt.

E. Ward

Deutlich von den bisher vorgestellten Verfahren unterscheidet sich das Verfahren nach Ward, da hier nicht die Distanz zwischen den Gruppen, sondern die Homogenität in den einzelnen Gruppen im Vordergrund steht. Entscheidendes Kriterium für die Fusionierung ist die Varianz in den jeweiligen Gruppen. Bei der Zusammenfassung der Gruppen wird darauf geachtet, dass die Summe dieser Varianz über alle Gruppen je Algorithmussschritt minimal bleibt. Bei der Berechnung der Varianz, also der Berechnung des Abstandes jedes Objektes einer Gruppe zum Gruppenschwerpunkt, wird die quadrierte euklidische Distanz als Metrik verwendet. Das Verfahren ist deshalb nur in Verbindung mit der quadrierten euklidischen Distanz (oder einer Distanz, die dieser ähnlich ist) sinnvoll. Das Verfahren ist anfällig gegenüber Korrelationen der zugrunde liegenden Merkmale und Ausreißern. So hat bei der Anwendung innerhalb der vorliegenden Arbeit auf eine Grundgesamtheit von etwa 800 Objekten schon das Hinzufügen oder Weglassen eines Ausreißers zu merklich voneinander abweichenden Ergebnissen geführt. Das Verfahren neigt zudem dazu, ungefähr gleich große Gruppen zu bilden. Auch diese Eigenschaft hat sich bei der vorliegenden Datenstruktur eher nachteilig ausgewirkt. Trotzdem konnten mit Hilfe dieses Verfahrens die Ergebnisse anderer Verfahren hinsichtlich der Bestimmung einer Anfangspartition für die nicht-hierarchische Clusterung abgerundet werden. Da das Verfahren den Aussagen in [HEID-82] und [BRES-97] zugrunde liegt, wurde es auch für die Ableitung von vergleichenden Aussagen hinsichtlich der verkehrsstrukturellen Entwicklung verwendet.

2.6.3 Nicht-Hierarchische Verfahren

Das auf dem Varianzkriterium aufbauende K-Means-Verfahren verlangt grundsätzlich unabhängige Variable. Diese Voraussetzung war insbesondere bei der Tagesganglinientypisierung nicht gegeben. Allerdings ist dort die Abhängigkeit der korrelierenden Variablen gut zu interpretieren und die damit verbundenen Effekte (Betonung der Ähnlichkeiten in den hochbelasteten Zeitbereichen) gewünscht. Das Verfahren wurde in leicht modifizierter Form zur Typenbildung verwendet. Die aus den hierarchischen Clusteranalysen abgeleiteten Ergebnisse konnten damit wesentlich verbessert werden. Da das Verfahren entgegen der vorlie-

genden Datenstruktur dazu neigt, ungefähr gleich große Gruppen zu bilden, wurde die Schrittweite des Verfahrens klein gehalten. Es kann vermutet werden, dass andere nicht-hierarchische Verfahren (wie z.B. iterierte Minimaldistanz) zu einer weiteren Ergebnisverbesserung geführt hätten. Aus Aufwandsgründen wurden Alternativen jedoch nicht weiter verfolgt.

2.7 Prüfung der Modellparameter

Die angewendeten Clusterverfahren wurden für die verschiedenen Anwendungsbereiche (Bestimmung von Ausreißern, Bestimmung von relevanten Zeitbereichen, Typisierung der jeweiligen Verkehrsstärkeganglinien) gemäß ihrer in 2.6 beschriebenen Eigenschaften eingesetzt.

Bei der Bestimmung von Ausreißern hat das angewendete Clusterverfahren eine Indikatorfunktion. Eine Gütebeurteilung ist hier nicht erforderlich.

Hinsichtlich der Klassifizierung sind die zu beurteilenden Modellparameter die verwendeten Variablen, die verwendeten Objekte (Ausreißerproblematik), das (Un)Ähnlichkeitsmaß, der Fusionierungsalgorithmus, die Clusteranzahl und ggf. die Anfangspartition. Zur Typisierung von Verkehrsstärkeganglinien wurden untenstehende Gütekriterien verwendet. Konnte ein Gütekriterium nicht erfüllt werden, wurde eine Fehleranalyse eingeleitet und die Modellparameter wurden entsprechend variiert:

- (1) Maximale Clustergröße
- (2) Heterogenität zwischen den Clustern
- (3) Homogenität in den Clustern
- (4) Stabilität der Clusterbildung gegen Einzelwerte
- (5) Stabilität der Clusterbildung bei vergleichbaren Grundgesamtheiten
- (6) Interpretierbarkeit der Ergebnisse
- (7) Validitätsprüfung

Zu (1): Bei einer für die vorliegenden Fragestellung relevanten Clusteranzahl (größer 3 und kleiner 10) ist zu beurteilen, ob in den einzelnen Clustern genügend Objekte zur Klassifizierung vorhanden sind. Ansonsten sind diese Objekte hinsichtlich ihres Ausreißerstatus zu prüfen. Sind sie als Ausreißer identifiziert, sind sie aus der Grundgesamtheit zu entfernen und das Verfahren ist erneut durchzuführen. Ansonsten wird der Modellansatz variiert. „Genügend Objekte zur Klassifizierung“ kann insbesondere bei der vorliegenden Fragestellung nicht an einem Schwellwert festgemacht werden. Die endgültigen Klassen sollen im Ergebnis für das bundesdeutsche Außerortsstraßennetz typische Verkehrsstrukturen repräsentieren. So ist nicht nur die Klassengröße von Bedeutung, sondern auch die Frage, ob die einzelnen Mitglieder aufgrund überregional bedeutsamer oder lokal spezifischer Zusammenhänge in einer Kategorie zusammengefasst wurden.

Zu (2): Die Heterogenität zwischen den Clustern kann grundsätzlich anhand eines Vergleichs der Schwerpunkte zweier Cluster (z.B. mittels einem statistischen Test) erfolgen. Hierzu wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit zunächst in Anlehnung an [HEID-83] der Scheffé-Test angewendet, der sich jedoch im Vergleich zu den anderen Gütekriterien als relativ weich erwiesen hat und deshalb nicht weiterverfolgt wurde. Bei monotonen Verfahren ist eine gewisse Grundgüte hinsichtlich der Heterogenität der Ergebnisse bzgl. der zur Clusterbildung verwendeten Variablen verfahrensimmanent. Von besonderem Interesse ist jedoch auch die Unterscheidbarkeit der Cluster bzgl. anderer ggf. qualitativer Merkmale wie z.B. dem Kurvenverlauf.

Zu (3): Bzgl. der Beurteilung der Homogenität der einzelnen Cluster hinsichtlich der zur Clusterbildung verwendeten Merkmale gibt es eine Reihe von Maßzahlen und damit verbundenen statistischen Tests (s. z.B. [BACH-94]). Im Vergleich von Ergebnissen verschiedener Clusterverfahren wurde der inhaltlichen Interpretierfähigkeit allerdings der Vorzug vor diesen statistischen Kenngrößen gegeben. Anhand dieser inhaltlichen Interpretation der Cluster wurden Kriterien abgeleitet, die zur Überprüfung der Homogenität der einzelnen Cluster i.d.S. verwendet wurden, so dass von jedem einzelnen Mitglied des Clusters die Erfüllung dieser Kriterien verlangt wurde.

Zu (4): Viele hierarchische Verfahren erwiesen sich stark abhängig von Einzelwerten, die zwar teilweise ungewöhnliche Merkmalszusammensetzungen aufwiesen, jedoch nicht als Ausreißer bezeichnet werden konnten. Dieses Phänomen wird in [STEIN-77] als methodische Artefakte bezeichnet und ist in letzter Konsequenz in der mangelnden Flexibilität der Verfahren hinsichtlich einer einmal vorgenommenen Gruppenbildung begründet. Bei der vorliegenden Fragestellung ist es nicht vertretbar, dass die Ergebnisse von der Berücksichtigung bzw. Nicht-Berücksichtigung einiger weniger Objekte abhängen.

Zu (5): Die Gruppenbildung hat sich in der Anwendung auf mehrere vergleichbare Grundgesamtheiten (z.B. aufeinander folgende Bezugsjahre) als stabil zu erweisen.

Zu (6): Ist eine inhaltliche Interpretation der Ergebnisse nicht möglich, ist das Modell zu verwerfen.

Zu (7): In Abhängigkeit von der inhaltlichen Interpretation können kriterienbezogene Hypothesen abgeleitet werden. Die Überprüfung dieser Hypothesen kann ggf. eine Fehleranalyse des verwendeten Kategorisierungsverfahrens einleiten.

3 Methodik

3.1 Datengrundlage

Im Zuge der Aufbereitung zur jährlichen Auswertung werden die Daten der Dauerzählstellen plausibilisiert und Datenlücken soweit möglich durch Schätzung geschlossen. Für die Straßenabschnitte, für die Jahreskennziffern berechnet werden, liegen im Ergebnis für das gesamte Bezugsjahr vollständig (d.h. ggf. teilweise geschätzt) Stunden- und Tageswerte vor. Ungeeignet für die Erzeugung typischer Kurvenverläufe sind neben Zählstellen mit Geräte-defekten und/oder einem hohen Anteil geschätzter statt gemessener Werte auch Zählstellen, die aufgrund von zeitweisen Verkehrsverlagerungen oder regionalen Einzelereignissen „un-normale“ Extremwerte aufweisen. Nach mehreren Plausibilisierungsschritten (Anteil geschätzter Werte, Abweichung zum Mittelwert, Clusteranalyse „Single-Linkage“) wurden zur Typenbildung knapp 70 Prozent der Dauerzählstellen verwendet. In Tabelle 1 ist die Verteilung der untersuchten Zählabschnitte auf die verschiedenen Straßenklassen dargestellt. Daten zu nicht bundeseigenen Straßen werden der BAST nicht von allen Ländern zur Verfügung gestellt. Hinsichtlich der Repräsentanz insbesondere für verkehrsstrukturelle Aussagen ist die Datenqualität für diese Straßenklassen niedriger zu beurteilen als für das Bundesfernstraßennetz.

Betrachtet wurden nur Zählstellen, für die im jeweiligen Bezugsjahr Jahreskennziffern ausgewiesen wurden. Gegenüber dieser Menge hat sich die Verteilung auf Straßenklassen durch die oben skizzierte weiterführende Plausibilisierung kaum verändert.

	Autobahnen	Bundesstraßen	Landes- bzw. Staatsstraßen	Kreis- und Gemeindestraßen	Gesamt
Zählstellennetz im Jahr 1998 ⁷	465 (39 %)	538 (45 %)	171 (15 %)	16 (1 %)	1190 (100 %)
Zählstellen mit berechneten Jahreskennziffern	359 (36 %)	470 (47 %)	150 (15 %)	16 (2 %)	995 (100 %)
Für Typenbildung WG/TG verwendete Zählstellen ⁸	284 (35 %)	387 (48 %)	126 (15 %)	15 (2 %)	812 (100 %)
Für Typenbildung JG verwendete Zählstellen	279 (36 %)	379 (48 %)	117 (15 %)	11 (1 %)	786 (100 %)

Tabelle 1: Anzahl der zur Typisierung verwendeten Dauerzählstellen (Bezugsjahr 1998)

In der Verkehrsstatistik werden die Wochen- und Tagesganglinientypen dazu verwendet, einzelne Zählstellen bzgl. ihrer von Sondereinflüssen unbeeinträchtigten „normalen“ Verkehrsstruktur zu klassifizieren. Dies wird durch eine Fokussierung auf den sog. Normalzeitbereich (NZB), der die von Schulferien, Feiertagen und extremen Witterungsverhältnissen unbeeinflussten Tage umfasst, erreicht. Der NZB besteht je Bezugsjahr aus ca. 50 Tagen verteilt auf ca. vier zusammenhängende Zeitintervalle. Der Jahresganglinientypisierung liegt

⁷ aus [Schmidt-98]

⁸ Anzahl der (richtungstrennt) verwendeten Zählabschnitte geteilt durch zwei

je Zählabschnitt eine umfangreichere Datenmenge, nämlich der gesamte Jahresverlauf, zugrunde. Hier können auch Unplausibilitäten außerhalb des NZB zu einem Ausschluss der Zählstelle führen. Während bei den Tages- und Wochenganglinien die Typenbildung richtungsgetreunt erfolgt, wird für die Jahresganglinien zusätzlich verlangt, dass beide Richtungen eines Zählabschnittes plausible Werte liefern. Insgesamt werden also für die Typisierung der Jahresganglinien weniger Zählabschnitte verwendet.

Die Typenbildung und die Ableitung der Zuweisungskriterien erfolgten bei den Wochen- und Tagesganglinien auf Grundlage der Daten der automatischen Dauerzählstellen der Jahre 1997 bis 1998. Die Verfahren wurden mit den Daten des Jahres 1999 (Wochenganglinien) bzw. (im Rahmen der Erstanwendung) des Jahres 2000 (Tagesganglinien) validiert. Bei den Jahresganglinien wurde aufgrund der speziellen Fragestellung eine breitere Datenbasis gewählt. Hier basieren die Typen auf den Tageswerten aus den Jahren 1997, 1998 und 1999. Das Verfahren wurde mit den Daten des Jahres 2000 bzw. (im Rahmen der Erstanwendung) des Jahres 2001 validiert.

Da bei den Wochen- und Tagesganglinien die Typisierung richtungsgetreunt erfolgt, wird hier in den diesbezüglichen Kapiteln mit dem Begriff „Zählstelle“ eine Richtung einer Dauerzählstelle bezeichnet.

3.2 Ableitung von Kennwerten

3.2.1 Jahresganglinien

3.2.1.1 *Zeitliches Raster zur Beschreibung des Jahresverlaufs*

Die Frage, welches zeitliche Raster den Ganglinienverläufen zugrunde gelegt werden soll, ist bei den Jahresganglinien nicht trivial. In einem ersten Schritt bleibt festzuhalten, dass Unterschiede zwischen den Wochentagen durch die Wochenganglinien beschrieben werden und deshalb bei den Jahresganglinientypen nicht von Interesse sind. Das kleinste Raster zur Beschreibung der Jahresganglinientypen ist also zumindest der Wochenwert. Weiterhin wird in [Schmidt-96] die Meinung vertreten, dass „innerhalb eines Monats stärkere Schwankungen auftreten können, vor allem aufgrund der variablen Feiertage sowie den in der Bundesrepublik Deutschland stark gestaffelten und zu beliebigen Zeiten im Monat beginnenden oder endenden Schulferien“. Diese Auffassung wird durch im Rahmen der vorliegenden Untersuchung durchgeführte Analysen bestätigt, so dass bei Verwendung eines starren Zeitrasters neben dem Wochenwert nur noch Halbmonatswerte sinnvoll sind. Daneben sind noch flexible Einteilungen vorstellbar. Grundsätzlich sind somit drei verschiedene zeitliche Raster zur Beschreibung des Jahresverlaufes denkbar:

- (i) Wochenraster
- (ii) Halbmonatsraster
- (iii) Uneinheitliche Zeitbereiche

Um zu gewährleisten, dass „verlängerte Wochenenden“ sowie die Oster- und Pfingstfeiertage jeweils in eine Woche fallen, ist es sinnvoll, eine Kalenderwoche als Zeitraum von Mittwoch bis Dienstag zu definieren. Um eine Vergleichbarkeit zwischen den Zählabschnitten zu ermöglichen, wurden die Wochenwerte normiert. Hierzu wurde je Zählabschnitt und Woche, die prozentuale Abweichung zum durchschnittlichen Wochenwert an diesem Zählabschnitt gebildet.⁹ Um zu analysieren, inwieweit eine weitere Vergrößerung erfolgen kann, wurde mit diesen Kalenderwochen als Variablen mehrere variablenorientierte Clusteranalysen auf Basis des Within-Average-Linkage-Verfahren mit dem Korrelationskoeffizienten als Metrik¹⁰ durchgeführt. Im Ergebnis liefern diese Clusteranalysen Gruppen von Kalenderwochen, in denen die Anteilswerte des Verkehrsaufkommens der jeweiligen Kalenderwochen am gesamtjährlichen Verkehrsaufkommen relativ stark miteinander korrelieren. Kalenderwochen eines Clusters bieten sich also dafür an, zusammengefasst zu werden.

Exemplarisch für ein gut interpretierbares Ergebnis dieser Clusteranalyse ist in Abbildung 1 ein Ausschnitt des Dendrogramms für alle Zählabschnitte auf Bundesstraßen des Landes Bayern (Bezugsjahr 1997) dargestellt. Für dieses Beispiel ergeben sich bei einem akzeptablen Homogenitätsanspruch (durch ↓ gekennzeichnet) sechs gut zu interpretierende Kategorien: Zwei Zeitbereiche zwischen den Ferien im Frühjahr (KW 23-27) und Frühsommer (KW 28-29), die Weihnachtsferien¹¹ (KW1, KW52), die Sommerferien (KW 30-39) und eine Gruppe von Feiertagswochen (KW 20 – 22 = Pfingsten, KW40 = Tag der deutschen Einheit) sowie alleinstehend die Osterwoche (KW 13). Bei einem Absenken des Homogenitätsanspruches werden im darauf folgenden Schritt die Weihnachts- und die Sommerferien zu zusammengefasst sowie die Osterwoche der Gruppe der Feiertagswochen zugeordnet.

Das Within-Average-Linkage-Verfahren baut auf der Distanz zwischen den Gruppen auf. Vor einer Zusammenfassung einzelner Kalenderwochen zu einem insgesamt größeren Zeitraster müsste die Homogenität in den einzelnen Gruppen genauer geprüft werden. Allerdings sind die Ergebnisse der Clusteranalyse nicht durchgängig so zugänglich wie in Abbildung 1. Vielmehr ist festzustellen:

- Für die Grundgesamtheit aller betrachteten Zählabschnitte eines Bezugsjahres liefert das Verfahren insgesamt für alle Kalenderwochen keine aussagekräftigen Ergebnisse, d.h. schon in frühen Verdichtungsschritten werden schwer interpretierbare Cluster gebildet (z.B. Bezugsjahr 1998: letzte Woche der Osterferien wird mit den Kalenderwochen 44 bis 51 zusammengefasst).

⁹ Als Normierung denkbar ist auch der prozentuale Anteil der einzelnen Woche am Jahreswert, die aus historischen Gründung zur Darstellung der einzelnen Typen verwendet wurde. Beide Normierungen sind mittels linearer Transformation ineinander zu überführen. Somit hat die Wahl der Normierung keinen Einfluss auf die abgeleiteten Ergebnisse.

¹⁰ Dieses Verfahren hat in Testauswertungen gemäß der in 2.7 beschriebenen Modellprüfung die besten Ergebnisse erzielt.

¹¹ Hier ist zu beachten, dass bei der Zusammenfassung von Tages- in Wochenwerten genau 52 Wochen gebildet werden. (Überzählige Tage am Jahresanfang und am Jahresende werden über Mittelwertbildung der jeweiligen Wochentage KW1 zugeordnet.) Die Weihnachtsferien, obwohl real von einer Dauer größer 14 Tage, beeinflussen also nur zwei Wochenwerte.

- Gute Ergebnisse werden getrennt nach Bezugsjahren für alle BAB-Zählabschnitte erreicht. Allerdings erweisen sich nicht alle Cluster im Vergleich der Bezugsjahre als stabil, d.h. teilweise werden vergleichbare Kalenderwochen (z.B. Pfingstwoche) in unterschiedlichen Bezugsjahren unterschiedlichen Clustern zugeordnet.
- Überwiegend gute Ergebnisse werden getrennt nach Bezugsjahr und Bundesland für alle Zählabschnitte im nachgeordneten Netz erreicht (da die Berücksichtigung von Landes/Staats- und Kreisstraßen in den einzelnen Bundesländern sehr uneinheitlich ist, wurden hier nur die Bundesstraßen betrachtet). Allerdings erweisen sich auch hier die Ergebnisse insgesamt im Vergleich der Bezugsjahre als instabil. Daneben gibt es erhebliche Unregelmäßigkeiten zwischen den Bundesländern.

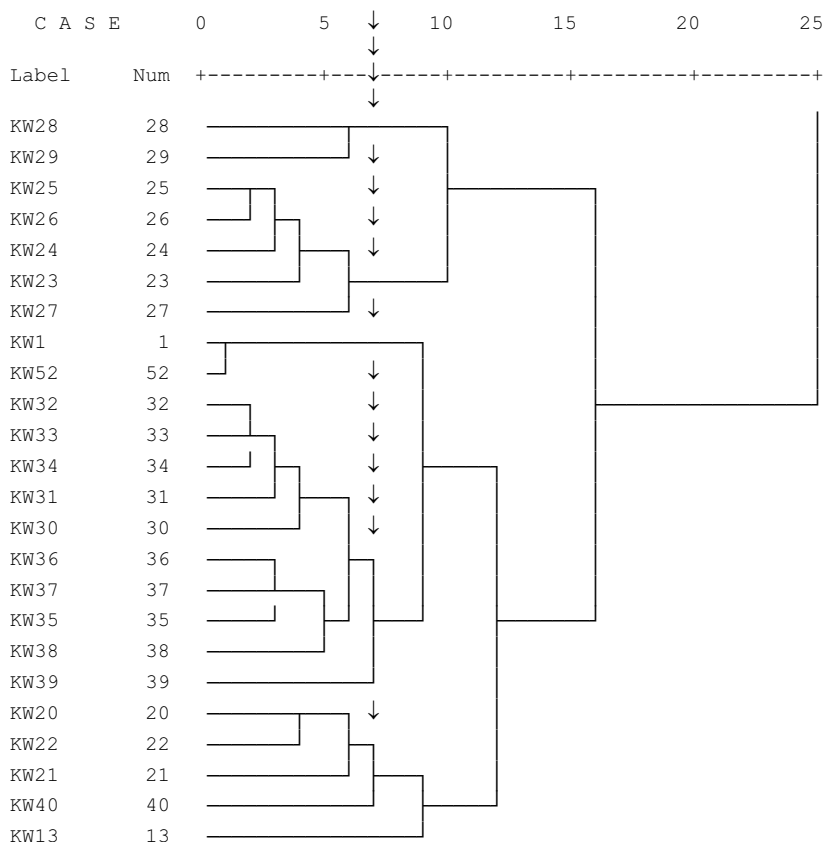


Abbildung 1: Dendrogramm (Auszug): Variablenorientierte Clusteranalyse der Kalenderwochen (Bezugsjahr 1997, Bayern, nur Bundesstraßen)

Ausgehend von den Ergebnissen der Clusteranalyse in Verbindung mit Einzelfallbetrachtungen wurden Faktoren identifiziert, welche die jährliche Verkehrsverteilung strukturieren. Im Weiteren wurde versucht, diese Einflussfaktoren losgelöst von den zugrunde liegenden Bezugsjahren zu beschreiben:

- **Variable Feiertage**
Der Ostersonntag ist ein gegenüber den Kalenderwochen variabler Feiertag. Alle variablen Feiertage (Karneval/Fasching, Ostern, Christi Himmelfahrt, Pfingsten, Fronleichnam) leiten sich aufgrund fester zeitlicher Abstände von diesem Tag ab. Der Ostersonntag ist stets der erste Sonntag nach dem ersten Vollmond des „kirchlichen“ Frühlings, der am 21. März beginnt. Der Ostersonntag fällt somit in eine knapp fünfwöchige Zeitspanne zwischen 22. März und 25. April. Die Termine der Oster- und Pfingstferien orientieren sich an den gleichnamigen Feiertagen. Dauer und Zeitpunkt differieren allerdings nach Bundesland. Mondkalenderabhängige Feiertage sind wochentagsstreu, d.h. sie sind an einen festen Wochentag gebunden. Deshalb sind in den diesbezüglich relevanten Jahresganglinienverläufen unabhängig vom Bezugsjahr zu diesen Zeiten Ausflugsverkehre zu beobachten, die auf solchen „verlängerten“ Wochenenden beruhen.
- **Datumsfeste Feiertage**
Datumsfeste Feiertage (im Wesentlichen 1. Mai, Tag der deutschen Einheit, Reformationstag/Allerheiligen, Weihnachten) fallen unabhängig vom Bezugsjahr in die selbe Kalenderwoche. Allerdings sind datumsfeste Feiertage wochentagsvariabel. Liegt ein datumsfester Feiertag beispielsweise auf einem Sonntag, so ist seine Wirkung auf die Verkehrsverteilung in diesem Bezugsjahr kaum wahrnehmbar. Eine Ausnahme stellen hier die Weihnachtsfeiertage dar, an die sich die gleichnamigen Ferien anschließen. In einigen Bundesländern ist der Tag der deutschen Einheit oder der Reformationstag, bzw. Allerheiligen an die Herbstferien geknüpft. Hinsichtlich des 1. Mai sind je nach Mondkalender und Bundesland Relationen sowohl zu den Oster- als auch zu den Pfingstferien möglich. Liegt der Ostersonntag beispielsweise auf dem 23. März, so fällt der 1. Mai mit Christi Himmelfahrt zusammen.
- **Sommerferien**
Der Beginn der Sommerferien ist je Bundesland und grundsätzlich auch je Bezugsjahr unterschiedlich. Dies ist dem sog. rollierenden System geschuldet, an dem sich jedoch traditionell nicht alle Bundesländer beteiligen. Auf Basis des rollierenden Systems wurden in der Vergangenheit maximal 91 Sommerferientage, d.h. Tage, an denen mindestens in einem Bundesland Sommerferien waren, erreicht. Die Kultusministerkonferenz hat 1999 beschlossen, dass die Sommerferien aller Bundesländer mit Ausnahme SH in den nächsten Jahren auf einen Zeitraum von 8 Wochen zusammengedrängt werden sollen. Angesichts der teilweise massiven Proteste z.B. von Seiten der Touristikbranche und des ADAC lautet die aktuelle Beschlusslage (Stand: 12. Juni 2003 [KMK-03]) der Kultusministerkonferenz, die Ferientermine ab 2005 wieder zu entzerrern (über 2005: 84 bis 2008: 87 Sommerferientage).
- **Witterung**
Winterliche Witterungsbedingungen (Schnee, Glatteis, Nebel) hemmen im Allgemeinen das Verkehrsaufkommen. Dagegen kann sonniges Wetter zumindest im Einzelfall (z.B. an von Wochenendausflugsverkehren geprägten Abschnitten) zu einer starken Zunah-

me des Verkehrsaufkommens führen. Witterungsbedingte Einflüsse auf das wöchentliche Verkehrsaufkommen sind vornehmlich außerhalb der Sommerferien zu beobachten.

- **Sonderereignisse**
Wie in 3.1 beschrieben, sind Abschnitte, die von - nicht die grundsätzliche Verkehrsstruktur betreffenden - Sonderereignissen, wie Baustellen, geprägt waren, im Zuge der Datenplausibilisierung ausgesondert worden. Daneben treten besonders an Abschnitten mit eher geringem Verkehrsaufkommen Sonderereignisse wie z.B. Sportveranstaltungen, Weinfeste, o.ä. auf, die eine merkliche verkehrssteigernde Wirkung entfalten. Grundsätzlich stellt sich die Frage, inwieweit diese überwiegend lokal begrenzten Effekte in einer vornehmlich auf das Bundesfernstraßennetz ausgerichteten Typisierung zu berücksichtigen sind.

Der Verwendung eines zeitlichen Rasters zur Beschreibung des Jahresverlaufes stehen somit hauptsächlich folgende Aspekte entgegen, welche die Vergleichbarkeit der Jahresverläufe untereinander und zwischen den Bezugsjahren erheblich stören:

- I. Die nach Bundesland und Bezugsjahr variierenden Termine der Sommerferien,
- II. die je Kalenderjahr wechselnden Konstellationen zwischen datumsfesten und variablen Feiertagen in den Monaten April, Mai und Juni,
- III. die von Bundesland zu Bundesland wechselnde Dauer der Pfingstferien (von verlängertem Wochenende bis mehrwöchigen Ferien) sowie
- IV. jährlich unregelmäßige, das Verkehrsaufkommen merklich beeinträchtigende Witterungsverhältnisse.

Es wurde deshalb nach Lösungen gesucht, die Jahresverläufe weitgehend losgelöst vom zugrunde gelegten Zeitraster zu typisieren.

3.2.1.2 *Höchstbelastete Wochenwerte und Ferienverkehrsfaktor*

Aufgrund der identifizierten Regelmäßigkeiten der Maximalwerte mit den oben beschriebenen Einflussfaktoren wurde der Zusammenhang zwischen der Ausprägung der maximalen Wochenwerte und dem Jahresverlauf genauer untersucht. Im Ergebnis wurde die Summe der vier höchstbelasteten Wochenwerte (*sumrank4*) als geeignete Kenngröße zur Beschreibung des Jahresverlaufs identifiziert¹². Auf der Grundlage von Clusteranalysen wurden Schwellwerte abgeleitet, auf deren Grundlage 6 Kategorien gebildet wurden. Wie in Abbildung 2 exemplarisch für die BAB-Zählabschnitte des Bundeslandes Baden-Württemberg (Bezugsjahr 1999) dargestellt, werden mit dieser Kategorienbildung relativ gute Ergebnisse erzielt, die sich auch im Vergleich der Bezugsjahre als stabil erwiesen haben.

¹² Um eine Vergleichbarkeit zwischen den Zählstellen zu gewährleisten, wurde je Zählstelle und Bezugsjahr der einzelne Wochenwert anhand der prozentualen Abweichung zum durchschnittlichen Wochenwert normiert (Beschreibung in Formelsprache s. Zuordnungsverfahren im Anhang)

Hinsichtlich der Interpretationsfähigkeit der Ergebnisse erweist es sich jedoch als nachteilig, dass in den Kategorien mit zwar nicht extrem, aber doch deutlich ausgeprägten relativen jährlichen Spitzenbelastungen Abschnitte mit offensichtlich vom Ferienverkehr geprägten Spitzen mit Abschnitten, deren Maximalwerte vom Wochenendausflugsverkehr oder Sonderereignissen geprägt sind, zusammengefasst werden. Letztere Abschnitte finden sich vornehmlich im nachrangigen Netz, in manchen Bundesländern, insbesondere in Bayern, aber auch auf BAB. Der Summe der vier höchstbelasteten Wochen war deshalb eine Kenngröße zur Seite zu stellen, die zumindest in diesen Kategorien den Einfluss des Ferienverkehrs quantifiziert.

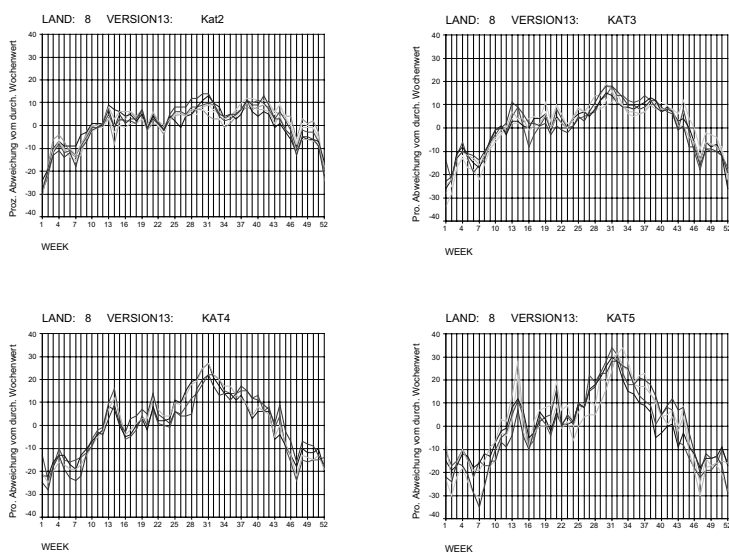


Abbildung 2: Kategorienbildung anhand der Summe der vier höchstbelasteten Wochenwerte: Baden-Württemberg, Bezugsjahr 1999¹³, BAB

In der Verkehrsstatistik gibt es mit dem Ferienverkehrsfaktor bereits eine Kenngröße, welche die Bedeutung des Ferienverkehrs am jeweiligen Abschnitt beschreibt: Der Ferienverkehrsfaktor wird hierbei wie folgt definiert:

$$fer = DTV_U / DTV_W$$

mit DTV_U : Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke an Urlaubswerktagen¹⁴

DTV_W : Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke an allen anderen Werktagen

¹³ Die Kategorien 1 und 6 sind mit nur einem Zählabschnitt besetzt und sind deshalb nicht dargestellt

¹⁴ Als Urlaubswerktag wird seit 1999 jeder Werktag innerhalb der Schulferien des betreffenden Landes definiert.

Bei der Verwendung des Ferienverkehrsfaktors als weitere zeitrasterunabhängige Kenngröße zur Beschreibung des Jahresverlaufes sind zwei Einschränkungen zu beachten:

- Hinsichtlich der Typisierung des Jahresverlaufes ist eine besonders interpretationsfähige Abgrenzung des Ferienverkehrsfaktors der Wert 1,00. Aufgrund der Häufigkeitsverteilung des Ferienverkehrsfaktors in der untersuchten Grundgesamtheit ist dieser Wert als Kategoriale Grenze allerdings nur bedingt geeignet.
- Liegen die Zielregionen des Ferienverkehrs außerhalb des Bundeslandes der dazugehörigen Quellgebiete, so können sich ferienverkehrsbedingte Spitzenbelastungen außerhalb der definierten Urlaubswerktage ergeben. Diese fehlende Trennschärfe zwischen Urlaubs- und sonstigen Werktagen ist eine grundsätzliche Problematik der bestehenden Definition des Ferienverkehrsfaktors.

Grundsätzlich sind alternative Kenngrößen zur Beschreibung der Bedeutung des Ferienverkehrs denkbar (z.B. Maximalwerte innerhalb der Gesamtsommerferienzeit aller Bundesländer zu Maximalwerten im Normalzeitbereich). Diese Alternativen hätten aber zu Brüchen innerhalb der Kenngrößenausweisung (Ferienverkehrsfaktor, Zuordnung zu Jahresganglinientypen) geführt und wurden deshalb nicht weiter verfolgt. Stattdessen wurde trotz der beschriebenen Einschränkungen der Ferienverkehrsfaktor als zweite Kenngröße zur Beschreibung des Jahresverlaufes verwendet.

Die beiden Kenngrößen (*sumrank4*, *fer*) wurden standardisiert, d.h. in der Gesamtheit der Zählstellen durch Transformation auf Mittelwert 0 und Standardabweichung 1 überführt. Damit ist sicher gestellt, dass keine der zur Clusteranalyse verwendeten Kenngröße über- oder unterbewertet wird. Die beiden Kenngrößen korrelieren relativ stark miteinander. Der lineare Korrelationskoeffizient liegt in allen drei Bezugsjahren größer 0,80.

Trotz des starken linearen Zusammenhangs wurden die beiden Kenngrößen zur Clusteranalyse herangezogen: Wie das Streudiagramm (Abbildung 3) zeigt, ist die Abhängigkeit vornehmlich Abschnitten mit extremen Maximalwerten zuzuschreiben. Extreme Verkehrszunahmen im Jahresverlauf treten nahezu ausschließlich zu Ferienzeiten auf. Knapp 70 Prozent der Zählabschnitte haben keine ausgeprägten Spitzen (Die Summe der jeweiligen prozentualen Abweichung der vier höchstbelasteten Wochenwerte vom durchschnittlichen Wochenwert ist kleiner 60¹⁵). Bei diesen Zählabschnitten sinkt der Korrelationskoeffizient in allen Bezugsjahren auf unter 0,40. Die Hinzunahme des Ferienfaktors führt hier zu einer differenzierteren Kategorienbildung. Bei Abschnitten mit extremen Maximalwerten wird die Klasseneinteilung auf Grundlage der höchstbelasteten Werte unterstützt. Diese Effekte sind auf Grundlage der vorangegangenen und oben beschriebenen Analysen gewünscht.

¹⁵ Anschaulicher ist hier eine Normierung der Wochenwerte anhand der Summe aller 52 Wochenwerte (also dem gesamten Jahresverkehr). Die beiden Normierungen können mittels linearer Transformation ineinander überführt werden, so dass die abgeleiteten Ergebnisse unabhängig von der gewählten Normierung sind. Der Grenzwert 60 mit einer Normierung anhand dem durchschnittlichen Wochenwert entspricht ca. 8,8 bei einer entsprechenden Normierung mittels der Summe aller Wochenwerte, d.h. bei knapp 70 Prozent der Zählabschnitte liegt die Summe der vier höchstbelasteten Wochenwerte unter 8,8 Prozent des gesamten Jahresverkehrs (zur Orientierung: Wäre der Verkehr über alle Wochen des Jahres gleichverteilt, so würde die Summe von vier Wochenwerten 7,7 Prozent des gesamten Jahresverkehrs betragen.)

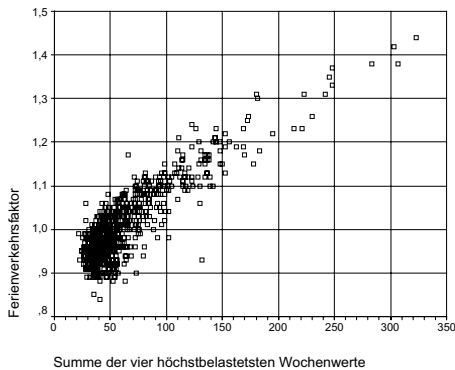


Abbildung 3: Streudiagramm: Summe vier höchstbelastete Wochenwerte mit Ferienverkehrsfaktor¹⁶
(Bezugsjahr 1999)

Die Beschreibung der Kenngrößen in Formelsprache findet sich im Anhang. Für die Standardisierung wurden aus den Werten der Jahre 1997, 1998 und 1999 der Mittelwert und die Standardabweichung der jeweiligen Variable geschätzt.

3.2.2 Wochenganglinien

Zur Typisierung der Wochenganglinien liegt es nahe, in Anlehnung an [HEID-82] auf die Anteilswerte der Tageswerte am gesamten Wochenwert zurückzugreifen. Bei der Wochenganglinientypisierung wird nur der Normalzeitbereich (NZB) betrachtet (s.3.1). Dies führt aus folgenden Gründen dazu, dass die Bildung dieser Anteilswerte (insbesondere die Generierung eines mittleren Tageswertes im NZB) nicht trivial ist:

Der NZB teilt sich in mehrere zusammenhängende Zeitintervalle auf. Diese umfassen in der Regel keine vollständigen Wochen, d.h. die Anzahl der einzelnen Wochentage ist in den einzelnen Zeitintervallen des NZB unterschiedlich. An einer nicht zu vernachlässigenden Anzahl von Zählabschnitten ist der Verkehr auch im NZB jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Dies betrifft insbesondere Ausflugsverkehre an sonnigen Herbstwochenenden (s. z.B. Abbildung 4). Die Verwendung des arithmetischen Mittels zur Generierung eines mittleren Tageswertes würde bei diesen Zählstellen also zu Verzerrungen führen.

¹⁶ Auf die Angabe von Einheiten wurde hier mangels Aussagekraft verzichtet.

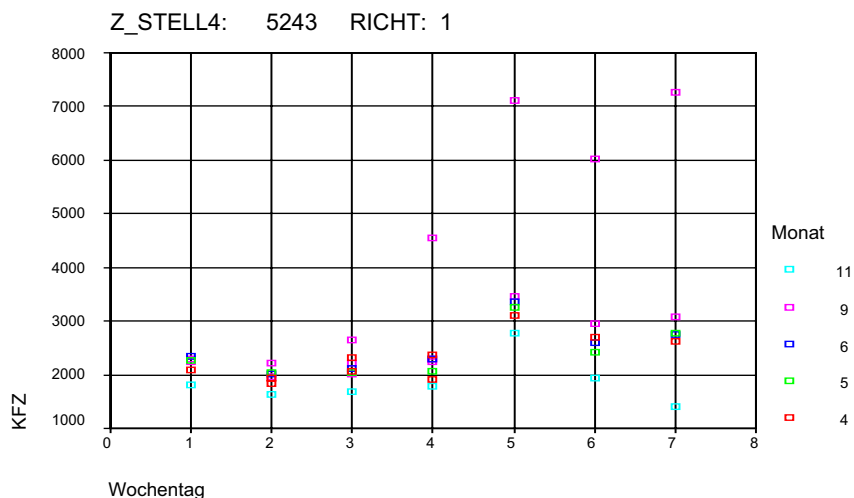


Abbildung 4: Zählstelle Ahrhütte: Ausreißer im Monat September (Bezugsjahr 1999)

Zur Bildung der Anteilswerte ant_k ($k=1(\text{Montag}), 2(\text{Dienstag}), \dots, 7(\text{Sonntag})$) des Tages- am gesamten Wochenwert wurden deshalb (je Zählstelle, Wochentag und Bezugsjahr) die Tageswerte innerhalb der einzelnen Zeitintervalle gemittelt und danach der Median (als gegen Ausreißer stabilerer Lageparameter, s. u.) über alle Zeitintervalle des NZB generiert. Dieser mittlere Tageswert wurde dann zum gesamten Wochenwert (Summe der mittleren Tageswerte) in Relation gesetzt¹⁷.

ant_1	ant_2	ant_3	ant_4	ant_5	ant_6	ant_7	
1,00	0,74	0,70	0,71	-0,14	-0,83	-0,64	ant_1
	1,00	0,93	0,88	-0,07	-0,68	-0,85	ant_2
		1,00	0,89	-0,01	-0,71	-0,85	ant_3
			1,00	0,21	-0,72	-0,91	ant_4
				1,00	-0,14	-0,36	ant_5
					1,00	0,53	ant_6
						1,00	ant_7

Tabelle 2: Korrelationsmatrix der Anteilswerte der einzelnen Tageswerte am gesamten Wochenwert (1 = Montag, 2 = Dienstag, ...), Bezugsjahr 1997 (Fallzahl 1679)

Es ist festzustellen, dass die Anteilswerte stark miteinander korrelieren (Tabelle 2). Da für die Clusteranalyse voneinander unabhängige Variablen vorteilhafter sind, wurden deshalb

¹⁷ Die Darstellung in Formelsprache findet sich in der Anlage „Zuordnungsverfahren“ unter B.3

als Grundlage der Clusteranalyse Kennwerte verwendet, die den für die Jahresauswertung der Dauerzählstellen [SCHMIDT-99a] erzeugten Freitags- und Sonntagsfaktoren nachempfunden sind¹⁸. Hierzu wurde je Zählstelle der mittlere Tageswert der Tage Dienstag, Mittwoch und Donnerstag gemittelt. Der Median jeden Wochentages wurde zu diesem Mittel in Relation gesetzt. Hierdurch ist die Vergleichbarkeit der einzelnen Zählstellen gewährleistet¹³.

Da die generierten Kennwerte für die Wochentage Montag bis Donnerstag innerhalb der Grundgesamtheit der Zählstellen kaum streuen (siehe Tabelle 3), wurde die Clusteranalyse anhand der Kennwerte c_{fr} , c_{sa} und c_{so} durchgeführt.

	c_{mo}	c_{di}	c_{mi}	c_{do}	c_{fr}	c_{sa}	c_{so}
Fallzahl	1677	1677	1677	1677	1677	1677	1677
arith. Mittel	0,99	0,98	1,00	1,02	1,12	0,86	0,81
Median	0,99	0,98	1,00	1,02	1,09	0,83	0,75
SD	0,05	0,02	0,01	0,02	0,10	0,15	0,24
Minimum	0,79	0,89	0,91	0,93	0,85	0,28	0,23
Maximum	1,35	1,10	1,06	1,14	2,00	1,85	2,94
Spannweite	0,56	0,21	0,15	0,21	1,15	1,57	2,71

Tabelle 3: Wochengang: Lage- und Streuungsparameter der Kennwerte (Bezugsjahr 1998)

3.2.3 Tagesganglinien

Während die Woche nach Tagen unterteilt wird, erfolgt die Strukturierung für die Tagesganglinien über Stundenintervalle. Bei den Tagesganglinien sind neben der Verteilung gerade die Ausprägung der Maximalstunde für die Interpretation und die weitere Anwendung von besonderem Interesse. Auf Basis von 5-Minuten-Intervallen wird in Abbildung 5 dargestellt, wie die Ausprägung der Maximalstunde (bei identischer Verkehrsverteilung) von der Grenzlegung der Stundenintervalle abhängt: Die durchgezogene blaue Linie im unteren Bereich der Grafik verbindet die Ausgangsdaten auf 5-Minuten-Basis. Mit den Quadraten und Dreiecken werden zwei auf unterschiedlichen Intervallgrenzen beruhende Verdichtungen zu Stundenwerten gekennzeichnet. Die Abweichung der beiden auf der identischen Datenbasis beruhenden Verdichtungen beträgt bei der jeweiligen Maximalstunde knapp 20 Prozent. Folglich können die stündlichen (maximalen) Anteilswerte an Zählabschnitten mit einer nahezu identischen, aber zeitlich verschobenen Verkehrsverteilung (z.B. an längeren BAB-Abschnitten ohne nennenswerten Zu- und Abfluss) erheblich voneinander abweichen.

¹⁸ Abweichend wurde allerdings zur Bildung der mittleren Tageswerte aus den genannten Gründen der Median verwendet. Mit dem Bezugsjahr 2001 werden auch bei der Ergebnisdarstellung der automatischen Dauerzählstellen die Kenngrößen „Freitagsfaktor“ und „Sonntagsfaktor“ analog zu der in vorliegender Arbeit abgeleiteten Definition gebildet.

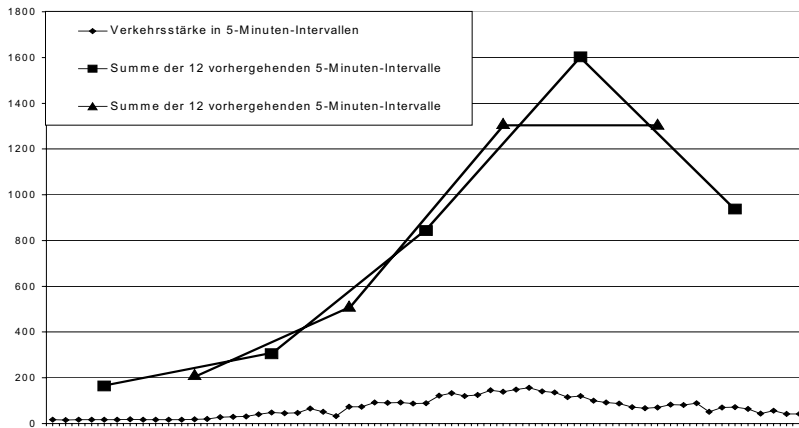


Abbildung 5: Aggregationen von 5-Minuten- zu Stundenwerten, Vergleich 1

Die Abgrenzung zwischen den Zeiteinheiten kann im Unterschied zu den Wochentagen (Verkehrsberuhigung in den Nachtstunden) nicht anhand des tatsächlichen Verkehrsablaufs begründet werden. Sie ist vielmehr ein Resultat der Datengrundlage (kleinste Zeiteinheit: Stunde). Hier ist die Intervallgrenze der chronometrische Stundenwechsel. Dieser chronometrische Stundenwechsel teilt die zusammenhängenden 60 Minuten im Tagesverlauf mit der höchsten Verkehrsstärke (tatsächliche Maximalstunde) i. d. R. auf zwei verschiedene chronometrische Stunden auf.

Ein Rückschluss auf die tatsächliche Maximalstunde ist dann nicht mehr möglich. Dies soll an Abbildung 6 im Vergleich zu Abbildung 5 verdeutlicht werden: Hier wurden die Basisdaten der 5-Minuten-Intervalle so verändert, dass sich zwar für die mit einem Dreieck dargestellte Verdichtung identische Stundenwerte ergeben. Die tatsächliche Maximalstunde (die sich aus der alternativen Abgrenzung ergibt) dieser Verteilung liegt allerdings deutlich unterhalb der tatsächlichen Maximalstunde, die aus der in Abbildung 5 dargestellten Verteilung resultiert.

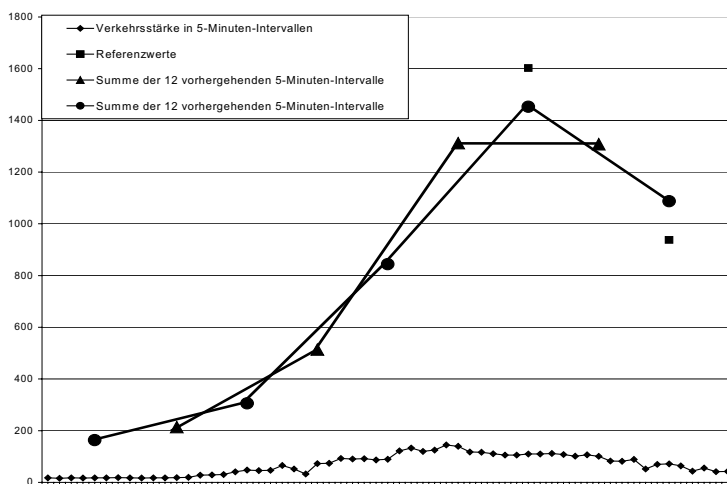


Abbildung 6: Aggregationen von 5-Minuten- zu Stundenwerten, Vergleich 2

Es ist zu beachten, dass die Stundenwerte in ihrem chronologischen Verlauf eine gewisse Trägheit besitzen. Werden analog zu 3.2.2 je Zählstelle, Tagesgruppe, Stunde des Tages und Bezugsjahr die Stundenwerte innerhalb eines zusammenhängenden Zeitintervalls gemittelt und danach der Median über alle Zeitintervalle des NZB generiert und auf Basis dieses Medians je Zählstelle, Tagesgruppe und Bezugsjahr der stündliche Anteil am Tageswert berechnet, so ergibt sich in der Grundgesamtheit der Zählstellen eine starke positive lineare Korrelation zwischen benachbarten stündlichen Anteilswerten (siehe exemplarisch für die Tagesgruppe Montag Abbildung 7¹⁹).

Eng benachbarte stündliche Anteilswerte sind also keinen gegenläufigen Schwankungen ausgesetzt. Dies führt zu der Idee, den oben geschilderten Verzerrungen durch Mittelwertbildung über die stündlichen Anteilswerte im Umfeld der tatsächlichen Maximalstunde entgegenzuwirken. Eine für die Kennwertbildung wichtige Frage ist damit die tagesgruppenabhängige Suche nach den Zeiträumen, in denen die tatsächliche Maximalstunde auftritt. Zu diesen Zwecken wurde die Kennzahl k_{max} (je Zählstelle die k -te Stunde mit maximalem stündlichem Anteilswert) definiert und getrennt nach Tagesgruppe analysiert. Auf Grundlage dieser Analysen wurden die o.g. Zeiträume für jede Tagesgruppe festgelegt (z.B. Vormit-

¹⁹ Gleichzeitig wird in Abbildung 7 deutlich, dass die Ergebnisse einer Clusteranalyse auf Grundlage aller Anteilswerte kaum interpretierbar sind (vgl. auch 0).

tag/Nachmittag für die Tagesgruppen Montag, Dienstag bis Donnerstag und Freitag²⁰). Als Variablen für die Clusteranalyse wurden dann die Mittelwerte der stündlichen Anteilswerte über diese Zeiträume (z.B. Tagesgruppe Montag: *vomean3* als Mittelwert über die Anteilswerte der 6ten, 7ten und 8ten Stunde für *kmax* kleiner gleich 7 und als Mittelwert über die Anteilswerte der 7ten, 8ten und 9ten Stunde für *kmax* größer 7 sowie *namean* als Mittelwert über die Anteilswerte der 16ten, 17ten und 18ten Stunde) und die maximalen stündlichen Anteilswerte (z.B. Tagesgruppe Montag: *maxvorm* als Maximalwert der 5ten bis zur 10ten Stunde und *maxnam* als Maximalwert der 15ten bis zur 20ten Stunde) verwendet.

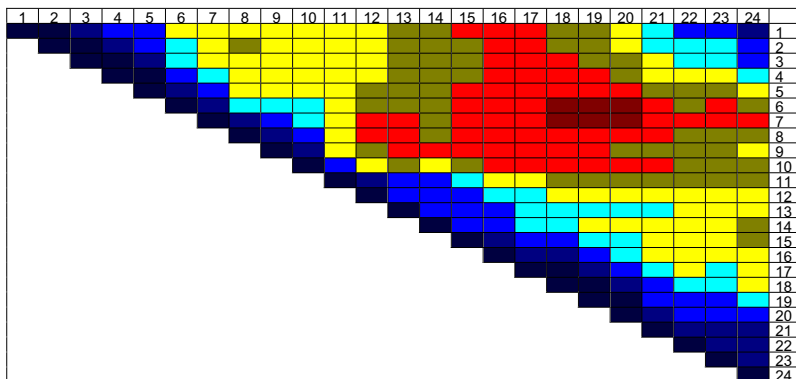


Abbildung 7: Tagesgruppe Montag : Korrelationsmatrix der stündlichen Anteilswerte (1997)
Ausprägung des Korrelationskoeffizienten wird durch die Färbung dargestellt (von dunkelblau ($\geq 0,85$) über gelb ($\geq -0,14$; $\leq 0,14$) bis dunkelrot ($\leq -0,85$))

Die Variablen wurden standardisiert, d.h. in der Gesamtheit der Zählstellen durch Transformation auf Mittelwert 0 und Standardabweichung 1 überführt. Damit ist sicher gestellt, dass die zur Clusteranalyse verwendeten Variablen nicht über- oder unterbewertet werden. Für die Standardisierung wurden aus den Werten der Jahre 1997 und 1998 der Mittelwert und die Standardabweichung der jeweiligen Variablen geschätzt.

Eine lineare Unabhängigkeit der für die Clusteranalyse verwendeten Variablen konnte hier nicht erreicht werden. Auf eine Faktorenanalyse wurde zu Gunsten der Interpretierbarkeit der verwendeten Variablen verzichtet. Die Standardisierung und die nach Zeiträumen paritätische Besetzung wirken einer Überdeterminierung des Ansatzes entgegen. Um die Eingangszentroiden für die nicht hierarchische Clusteranalyse (s.u.) abzuleiten, wurden noch einige Hilfsgrößen definiert (z.B. Verhältnis Nachmittags- zu Vormittagsspitze). Die Beschreibung der Kennwerte in Formelsprache findet sich im Anhang.

²⁰ Der potentielle Bereich der Nachmittagsspitze ist für die Tagesgruppe Freitag breiter (teilweise setzt die Nachmittagsspitze schon in der 13ten Stunde ein). Die Kennwertbildung wurde für diese Tagesgruppe etwas variiert.

3.3 Clusteranalyse

Für jedes Bezugsjahr wurden mehrere, auf unterschiedlichen Ähnlichkeitsmaßen und unterschiedlichen Fusionierungsalgorithmen beruhende Clusteranalysen mit dem Statistiktool SPSS durchgeführt. Im Ergebnis liefert eine Clusteranalyse eine Zuordnung jeder Zählstelle zu einer Klasse. Die Mittelung von Kenn-, bzw. Anteilswerten über alle Zählstellen einer Klasse ergibt den typischen Repräsentanten dieser Klasse (bzgl. dieser Kenn-, bzw. Anteilswerte), den (Klassen-) Typ. Die einzelnen Typen sollen sich bei der vorliegenden Problemstellung derart unterscheiden, dass die Unterschiede im verkehrstechnischen Kontext interpretierbar sind, d.h. dass Beschreibungen bestimmter typspezifischer Eigenschaften (wie z.B. im Falle der Wochenganglinien: „deutliches Minimum am Sonntag“) möglich sind (Interpretierbarkeit der Ergebnisse). Die Klassenbildung ist im Sinne der Anforderungen erfolgreich, wenn sowohl bei einer überschaubaren Anzahl von Klassen möglichst jede Zählstelle einer Klasse zugeordnet werden kann (Vollständigkeit der Zuordnung) als auch jedes Element einer Klasse die typspezifischen Eigenschaften besitzt (Homogenität der Klassen).

Als Beispiel werden im Folgenden die Ergebnisse des Fusionierungsalgorithmus nach WARD mit der quadrierten euklidischen Distanz als Ähnlichkeitsmaß hinsichtlich der Wochenganglinientypisierung für das Bezugsjahr 1998 vorgestellt und diskutiert. Die in Abbildung 8 dargestellten Ergebnisse für eine festgelegte Klassenzahl 6 können wegen der ähnlichen Vorgehensweise als eine Aktualisierung der Ergebnisse von [HEID-82] und [BRES-97] aufgefasst werden. Die Ergebnisse ähneln mit Ausnahme vom Typ 6 den ausschließlich für BAB generierten Ergebnissen in [BRES-97]. Im Vergleich mit den Ergebnissen in [HEID-82] offenbart sich der (relative) Bedeutungsverlust des sonntäglichen Verkehrs in den vergangenen 20 Jahren.

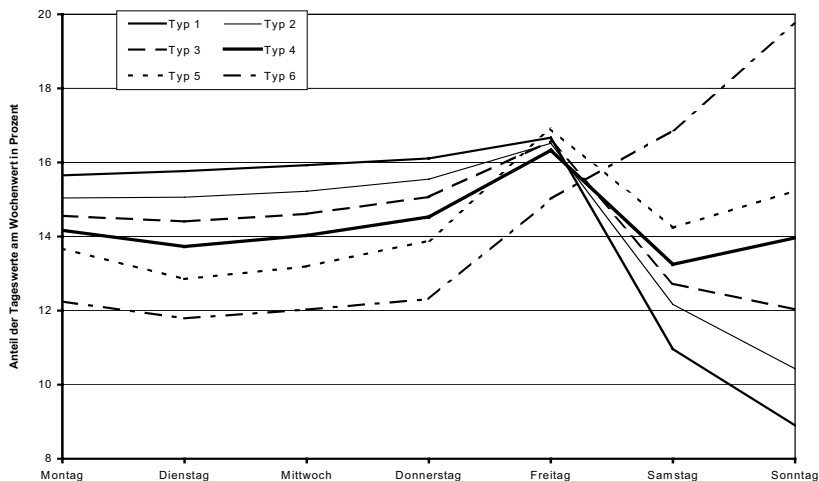


Abbildung 8: Ergebnisse der Klassifizierung mittels hierarchischer Clusteranalyse (WARD, euklidische Distanz)

Auffällig ist, dass sich die Typen mit Ausnahme von Typ 6 und Typ 5 in ihrem Kurvenverlauf qualitativ kaum unterscheiden (Maximum Freitag bei diesen Typen auf gleichem Niveau, Verkehrsabnahme am Wochenende). Im Folgenden soll die Homogenität innerhalb der einzelnen Klassen genauer betrachtet werden.

Der mit dicker Linie dargestellte Typ 4 ist der Repräsentant der Klasse 4. Diese Klasse ist bzgl. des verwendeten Verfahrens relativ homogen²¹. Eine Beschreibung des Kurvenverlaufs könnte wie folgt lauten: Maximum Freitag, Minimum Samstag, ansonsten ausgeglichener Verlauf. Dieser Beschreibung entgegen steht der Sachverhalt, dass immerhin ca. 20 Prozent (47 von 228) der Mitglieder dieser Klasse einen im Vergleich zu Dienstag bis Donnerstag überdurchschnittlichen samstäglichem Anteilswert aufweisen ($c_{sa} > 1$). Einige dieser Mitglieder sind zusammen mit dem Repräsentanten dieser Klasse in Abbildung 9 dargestellt.

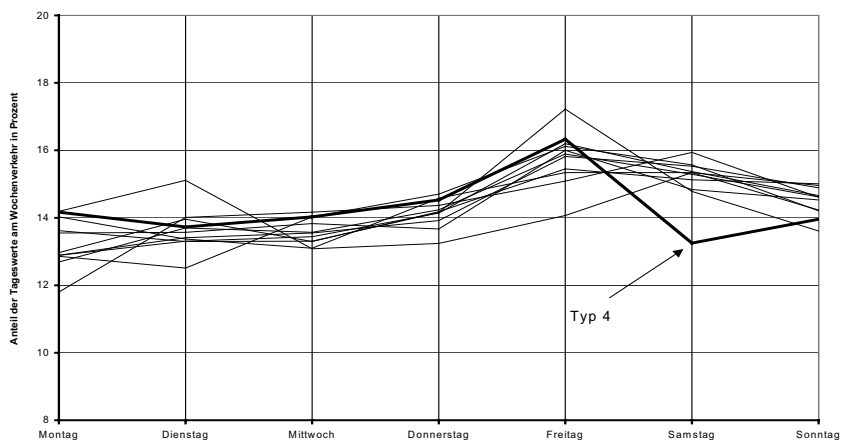


Abbildung 9: Ergebnisse der Klassifizierung mittels hierarchischer Clusteranalyse (WARD, euklidische Distanz), Klasse 4: Repräsentant und ausgewählte Mitglieder

Es ist ersichtlich, dass sich die dargestellten Mitglieder der Klasse 4 besonders im qualitativen Verlauf deutlich von dem Repräsentanten der Klasse unterscheiden. Jede Form der Generalisierung bedeutet natürlich einen Informationsverlust im Einzelfall. Die Abweichungen machen jedoch deutlich, dass bei dieser Klassifizierung die tatsächlichen wochentäglichen Relationen gewisser Zählstellen systematisch unzutreffend dargestellt werden. Neben der eingeschränkten Interpretierbarkeit der Ergebnisse verletzt diese Klassifizierung also das Homogenitätskriterium. Insgesamt liefert dieses Verfahren also keine zufriedenstellenden Ergebnisse.

Clusteranalysen zeichnen sich durch den Gedanken der Distanzminimierung als zentrales Qualitätsmerkmal aus. Die aus den in Kapitel 1 dargestellten Forschungszielen abgeleiteten

²¹ Die Klasse bleibt die letzten 7 Algorithmus-Schritte der verwendeten Clusteranalyse unverändert.

Qualitätsansprüche berücksichtigen jedoch auch den qualitativen Verlauf der Ganglinien. So ist es nicht verwunderlich, dass keine der durchgeführten Clusteranalysen diese Qualitätsansprüche erfüllen konnte. Eine Verbesserung ist somit auch nicht durch andere rein auf Kriterien der Distanzminimierung aufbauende Verfahren zu erwarten. Eine Verbesserung der Ergebnisse wurde durch eine Verknüpfung mit den den Kurvenverlauf beschreibenden Kriterien erreicht.

3.4 Typenbildung

3.4.1 Allgemeines

Im Zentrum der Typenbildung steht ein leicht modifiziertes, nicht hierarchisches Clusterverfahren mit Schrittweite 2. Die Anfangsklassen werden auf Grundlage der Ergebnisse verschiedener hierarchischer Clusterverfahren abgeleitet. Aus der Interpretation der Typen werden typspezifische Eigenschaften als quantitative Größen festgesetzt (z.B. Wochengang: Anteilswert am Sonntag unterdurchschnittlich, d.h. $c_{so} < 1$). Diese typspezifischen Eigenschaften werden zur Qualitätssicherung der Ergebnisse verwendet. Aufgeteilt nach Einzelschritten stellt sich das Verfahren wie folgt dar:

1. Aus den Erfahrungen der Clusteranalyse werden Klassen über typspezifische Eigenschaften und über aus der Clusteranalyse abgeleitete Schwellenwerte definiert²².
2. Für beide Bezugsjahre werden alle plausibilisierten Zählstellen anhand der Schwellenwerte diesen Klassen zugeordnet.
3. Über Mittelwertbildung werden die Schwerpunkte der einzelnen Klassen bestimmt.
4. Diese Schwerpunkte gehen als Zentroide der Anfangsklassen in das nicht hierarchische Clusterverfahren ein (Schritt 1), d.h. alle plausibilisierten Zählstellen werden nochmals nach dem Prinzip der Varianzminimierung (Ähnlichkeitsmaß: Quadrierte euklidische Distanz) den Klassen zugeordnet.
5. Verletzt diese Zuordnung eine typspezifische Eigenschaft, so wird auf die Zuordnung unter 2. abgestellt.
6. Auf Grundlage dieser Zuordnung werden neue Schwerpunkte gebildet.
7. Es erfolgt eine neuerliche Zuordnung mittels Varianzminimierung (nicht hierarchisches Clusterverfahren, Schritt 2).
8. Wie 5.

²² Die typspezifischen Eigenschaften und die Schwellenwerte sind später in die Qualitätssicherung des Zuordnungsverfahrens eingeflossen. Auf die Darstellung der Ergebnisse der einzelnen clusteranalytischen Verfahren wurde aus Platzgründen verzichtet.

9. Bei der abschließenden Qualitätssicherung wird verlangt, dass die Distanz zu dem jeweiligen Schwerpunkt einen bestimmten Grenzwert nicht überschreitet. Ansonsten wird die Zählstelle keinem Typ zugeordnet.
10. Schritt 1. bis 9. wird getrennt je Bezugsjahr durchgeführt. Über die Mittelung²³ der Ergebnisse und der jeweiligen Anteilswerte über die Bezugsjahre werden die typischen Repräsentanten jeder Klasse, die sog. Ganglinientypen, generiert. (Besonderheiten zum Schritt 10 bei den Jahres- und Tagesganglinien siehe 3.4.2 und 3.4.3)

Dieses Verfahren führte unter den oben genannten Qualitätsansprüchen (mit Ausnahme der Tagesganglinientypisierung für die Tagesgruppe „Sonntag“) zu zufriedenstellenden Ergebnissen. Die Ergebnisse sind in Kapitel 4 dargestellt.

An Sonntagen sind aufgrund weicherer Randbedingungen auch innerhalb des Normalzeitbereichs stark variierende Einflussgrößen (z.B. Witterung) spürbar. An den einzelnen Zählabschnitten ergibt sich somit insbesondere im Vergleich von mehreren Jahren ein heterogenes Bild der sonntäglichen Verkehrsstärkeganglinien. Eine Beibehaltung des dargestellten Verfahrens führt hier entweder zu einer unpraktikabel hohen Anzahl von Klassen oder einer Verletzung der für das Zuordnungsverfahren aufgestellten Qualitätskriterien (siehe 2.7). Für die Tagesgruppe „Sonntag“ wurde deshalb vom dargestellten Verfahren abgewichen und stärker generalisierte Kurvenverläufe als Startwerte in das Verfahren eingegeben. Die daraus resultierenden Typen stellen somit für diese Tagesgruppe nur besonders auffällige Unterscheidungen zwischen den Tagesverläufen dar. Detaillierte Unterschiede (wie kurzfristige stundenweise Einbrüche) bleiben unberücksichtigt.

3.4.2 Darstellung der Jahresganglinientypen

Innerhalb des oben beschriebenen Verfahrensschrittes 10 vollzieht sich der Übergang von den zur Klassenbildung verwendeten Kennwerten zu der eigentlichen Zielgröße, den Anteilswerten. Aus Gründen der Historie (Vergleichbarkeit mit den Typen nach Heide mann/Wimber) ist es sinnvoll, bei der Darstellung der Jahresganglinientypen auf Anteilswerte der Wochen am Gesamtjahr abzustellen. Die Anteilswerte können mittels einfacher linearer Transformation aus den der Kategorienbildung zugrundeliegenden Werten (Abweichung vom mittleren Wochenwert) abgeleitet werden.

Wie in 3.2.1.1 ausführlich beschrieben, verhalten sich die den Jahresverlauf strukturierenden Ereignisse im räumlichen (Bundesländer) und zeitlichen (Bezugsjahr) Vergleich nicht stabil. Eine Mittelung der kalenderwochenfixierten Anteilswerte über alle Mitglieder der einzelnen Cluster führt hier zu Verzerrungen hinsichtlich der gruppenspezifischen Eigenschaften. Dagegen streut die jeweilige Dauerlinie (Wochenwerte der Größe nach geordnet, d.h. jeder Kalenderwoche wird in Abhängigkeit von der Belastung eine Rangzahl zugeordnet) innerhalb der einzelnen Cluster auch bezugsjahrübergreifend relativ gering. Dies sei beispielhaft an der den 3. Oktober einschließenden Kalenderwoche für nach Bundesländern ausgewählte

²³ Gewichtet nach der Anzahl der Mitglieder in der jeweiligen Klasse.

Zählabschnitte des Typs F (deutlichen Verkehrszunahme für Ferien- und Feiertagswochen) dargestellt.

		KW 40 (3. Oktober)		Woche Rang 14 (14thöchstbelastete)	
		1997	1999	1997	1999
	Mecklenburg-Vorpommern	1,43	1,78	8,14	9,33
	Bayern	13,50	9,30	10,04	10,60

Tabelle 4: Prozentuale Abweichung vom durchschnittlichen Wochenwert: KW 40 und 14thöchstbelastete Woche im Vergleich (Zählabschnitte vom Typ F)

Die Abweichungen sind wie folgt zu erklären: In Mecklenburg-Vorpommern liegen klassische Zielgebiete des Ferienverkehrs, allerdings witterungsbedingt nicht im Herbst. Hierdurch erklären sich die Abweichungen zu Bayern, wo in manchen Feriengebieten die Hochsaison im Herbst liegt. Während 1997 der 3. Oktober auf einen Freitag fällt und sich somit ein verlängertes Wochenende ergibt, liegt im Bezugsjahr 1999 dieser Feiertag auf einem Sonntag. Hierdurch erklären sich die Unterschiede in Bayern im Vergleich der Bezugsjahre.

Je nach Wochentagsausprägung des 3. Oktober, Dauer und Zeitpunkt der Herbstferien in den einzelnen Bundesländern sowie im Einzelfall auch Witterungseinflüsse fällt oder steigt trotz ähnlicher Verkehrsstruktur die Verkehrsbelastung der den 3. Oktober einschließenden Woche im jahreszeitlichen und regionalen Vergleich. Im Vergleich hierzu bleiben die Ausprägungen bei gleicher Rangzahl jahresübergreifend vergleichsweise stabil, wie es am Beispiel des vierzehnthöchsten Wochenwertes (Rangzahl gleich 14) dargestellt ist. Eine Mittelwertbildung über die Rangzahl ist also im Unterschied zu einer Mittelwertbildung über die Anteilswerte sinnvoll.

Wie schon in 3.2.1.2 dargestellt, hängt die Dauerlinie auch mit nicht datumsfesten Ereignissen wie Ferien- und Feiertagsterminen zusammen. Diese Überlegungen führten dazu, ein fiktives Musterjahr aufzustellen, in dem die wesentlichen dieser die jahreszeitliche Verteilung des Verkehrs strukturierenden Ereignisse exemplarisch angegeben sind. Die dem Musterjahr je Typ zugeordneten Anteilswerte werden hierbei den gemittelten Dauerlinien entnommen, sie sind also echte Lageparameter der einzelnen Typen.

Im Musterjahr fällt Ostern in die 14. Woche. Hieraus leiten sich die anderen vom Mondkalender abhängigen Feiertage (Karneval, Pfingsten usw.) ab. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass alle datumsfesten Feiertage (Tag der Arbeit, Allerheiligen, usw.) auf einem Werktag liegen. Die Sommerferien dauern im Musterjahr sieben Wochen und liegen mittig im Gesamtferienbereich aller Bundesländer. Die Pfingstferien liegen innerhalb einer, die Herbstferien innerhalb zweier Musterwoche/n. Der Normalzeitbereich besteht aus 8 Wochen(s. untenstehende Tabelle).

Muster woche	Ereignis	Muster woche	Ereignis	Muster woche	Ereignis
MW 1	Ende Weihnachtsferien	MW 19	NZB	MW 37	Ferien anderes Bundesland
MW 2	Winter I	MW 20	Christie Himmelfahrt	MW 38	NZB
MW 3	Winter II	MW 21	Pfingsten	MW 39	NZB
MW 4	Winter III	MW 22	Ferien anderes Bundesland	MW 40	Tag der deutschen Einheit
MW 5	Winter IV	MW 23	Fronleichnam	MW 41	Ferien anderes Bundesland
MW 6	Winter V	MW 24	NZB	MW 42	Beginn Herbstferien
MW 7	Karneval/Winterferien	MW 25	Ferien anderes Bundesland	MW 43	Ende Herbstferien
MW 8	Winter VI	MW 26	Ferien anderes Bundesland	MW 44	Ref.tag / Allerheiligen
MW 9	Winter VII	MW 27	Ferien anderes Bundesland	MW 45	NZB
MW 10	Winter VIII	MW 28	Beginn Sommerferien	MW 46	NZB
MW 11	Winter IX	MW 29	Sommerferien	MW 47	Spätherbst I
MW 12	Winter X	MW 30	Sommerferien	MW 48	Spätherbst II
MW 13	Beginn Osterferien	MW 31	Sommerferien	MW 49	Spätherbst III
MW 14	Osterferien	MW 32	Sommerferien	MW 50	Spätherbst IV
MW 15	Ende Osterferien	MW 33	Sommerferien	MW 51	Beginn Weihnachtsferien
MW 16	NZB	MW 34	Ende Sommerferien	MW 52	Weihnachtsferien
MW 17	NZB	MW 35	Ferien anderes Bundesland		
MW 18	Tag der Arbeit	MW 36	Ferien anderes Bundesland		

Tabelle 5: Musterjahr zur Darstellung der Jahresganglinientypen

Ausgehend von diesem Musterjahr werden die typischen Repräsentanten jeder Kategorie dann wie folgt bestimmt:

10a. Je Bundesland und Bezugsjahr wird jede Kalenderwoche einer Musterwoche zugeordnet²⁴.

10b. Für jede Kalenderwoche kann je Zählstelle und je Bezugsjahr eine belastungsgemäße Rangzahl in der Dauerlinie angegeben werden. Mittels 10a kann diese Rangzahl je Zählstelle und je Bezugsjahr einer Musterwoche zugeordnet werden. Je Bezugsjahr und Klasse werden diese Rangzahlen über die Musterwochen gemittelt. Die Musterwochen können nun anhand dieses Mittelwertes geordnet werden.

10c. Die Dauerlinie der Wochenwerte wird je Klasse über die Bezugsjahre gemittelt. Die jeweiligen Anteilswerte werden je Typ den einzelnen Musterwochen gemäß der in 10b. ermittelten Rangordnung zugewiesen.

²⁴ Von dieser Zuordnung wird keine Eineindeutigkeit verlangt, d.h. zwei unterschiedliche Kalenderwochen können auch einer Musterwoche zugeordnet werden. Fällt der Tag der Arbeit in einem Bezugsjahr dagegen beispielsweise auf einen Sonntag, so bleibt die MW 18 in diesem Jahr unbesetzt.

Darüber hinaus ist es für einige Anwendungsfälle sinnvoll, eine weiterführende Differenzierung anhand der Ferientermine vorzunehmen. Hierzu werden die 16 Bundesländer jeweils getrennt für die fünf Bezugsjahre 1997 – 2001 (d.h. Fallzahl gleich 80) wie folgt ausgewertet:

- Winterferien (ja/nein)
- Länge der Osterferien in Wochen
- Länge der Pfingstferien in Wochen
- Lage der Sommerferien im Jahr (fünf Kategorien)
- Länge der Herbstferien in Wochen
- Lage der Herbstferien ausgehend von den kalendertreuen Feiertagen Tag der deutschen Einheit und Allerheiligen (3 Kategorien: früh, mittel, spät)

Auf Grundlage der Auswertung kann eine Einteilung in fünf Ferienhauptgruppen vorgenommen werden. Für jede Gruppe wird nun ein eigenes Musterjahr abgeleitet, welches das in Tabelle 5 dargestellte ersetzt (siehe Anlage). Ausgehend von diesem modifizierten Musterjahr werden die Schritte 10a bis 10c durchgeführt. Im Ergebnis ergibt sich eine für jede Ferienhauptgruppe modifizierte Darstellung der Jahresganglinientypen.

3.4.3 Darstellung der Tagesganglinientypen

Bei den Tagesganglinien ist die Problematik der verschobenen Morgen- bzw. Abendspitze zu beachten. Die Kennwerte zur Tagesganglinientypisierung wurden gerade so gewählt, dass zwar die Maximalwerte innerhalb eines fest definierten Tageszeitraumes in das Verfahren eingingen, das Verfahren aber unabhängig von der tatsächlichen Stunde ist, in der sich dieser Maximalwert realisiert. So war es z.B. für die Typisierung nur von Bedeutung, dass sich eine Vormittagsspitze auf einem gewissen Niveau regelmäßig an dem zu klassifizierenden Zählabschnitt ergibt, nicht aber, ob dieser Maximalwert in der 7ten oder 8ten Stunde des Tages erreicht wird. Bei der Mittelung der Einzelwerte zur Generierung des Repräsentanten einer Klasse ist diese Fragestellung aber von Bedeutung, wie in Abbildung 10 veranschaulicht wird.

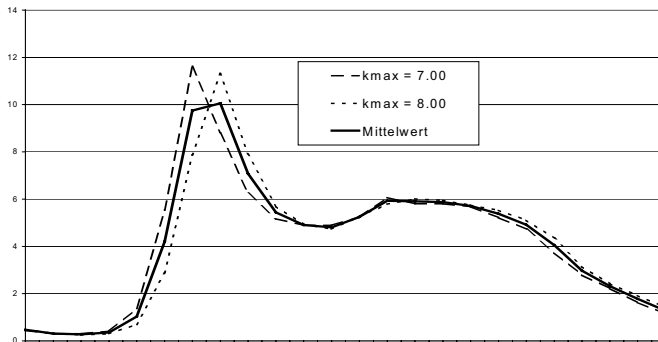


Abbildung 10: Tagesganglinientypisierung: Tagesgruppe Freitag, Klasse „stark ausgeprägte Vormittagsspitze“; Bezugsjahr 1998

Für das Bezugsjahr 1998 und die Klasse A (stark ausgeprägte Vormittagsspitze) wurden zunächst die Mitglieder dieser Klasse getrennt nach der Stunde ($kmax$) gemittelt, in der der Maximalwert erreicht wird. Für diese Klasse ist dies die 7te oder die 8te Stunde. Die durchgezogene Linie beschreibt den (ungewichteten²⁵) Mittelwert dieser beiden Ganglinien. Der Maximalwert dieser Mittelwertganglinie liegt bei 10,06. Für dieses Bezugsjahr weisen 84 Prozent der Mitglieder dieser Klasse einen höheren stündlichen Maximalwert auf²⁶, der Mittelwert der Maximalwerte aller Mitglieder liegt bei 11,41. Eine Mittelwertsbildung über alle Mitglieder einer Klasse ergibt also eine Ganglinie, die bzgl. des maximalen Anteilswertes einer Stunde am Tagesverkehr die Gesamtheit der Klasse in ungeeigneter Weise repräsentiert.

Zur Generierung des Repräsentanten einer Klasse wurde Schritt 10 deshalb wie folgt durchgeführt:

10d. Für Klassen mit einem ausgeprägten lokalen Maximum werden zunächst die Mitglieder getrennt nach $kmax$ gemittelt, also getrennt nach der $kmax$ -ten Stunde, in der der Maximalwert erreicht wird. Bei den Klassen mit Doppelspitze wird getrennt nach ($kmax1$, $kmax2$) gemittelt, also getrennt nach identischen Maximalstunden im Vormittags- und Nachmittagsbereich. Bei den Klassen ohne ausgeprägtem Maximum wird über alle Mitglieder gemittelt.

²⁵ Im Diagramm ist also der Fall dargestellt, dass eine gleiche Anzahl der Mitglieder dieser Klasse in der 7ten wie in der 8ten Stunde den Maximalwert im Tagesverlauf erreicht. Je ungleichmäßiger diese Aufteilung ist, umso mehr nähert sich die über den gewichteten Mittelwert gebildete Ganglinie dem einen ($kmax = 7$ te Stunde) oder anderen ($kmax = 8$ te Stunde) Verlauf an.

²⁶ Auch bei einem Teil der 16 Prozent der Mitglieder dieser Klasse mit einem Maximalwert unter 10,06 dürfte die tatsächliche Maximalstunde einen Wert größer als 10,06 annehmen, wenn sich die Stundenintervallgrenze nicht am chronometrischen Stundenwechsel, sondern an der Zusammenfassung der 60 aufeinanderfolgenden Minuten im Tagesverlauf mit dem höchsten Anteilswert am täglichen Verkehr orientieren würde (s. 3.2.3).

10e. Je Klasse wird diejenige Ganglinie ausgewählt, welche die größte Anzahl an Mitgliedern der Klasse repräsentiert.²⁷

10f. Danach wird über die Bezugsjahre gemittelt.

3.5 Ableitung eines Zuordnungsverfahrens

Für die Ableitung der Typen wurde die zugrunde liegenden Ausgangsdaten im Sinne der Fragestellung plausibilisiert (s. 3.1). Das Zuordnungsverfahren ist dagegen in der Praxis auch auf Zählstellendaten anzuwenden, die diesen Anforderungen nicht genügen, z.B. einen hohen Anteil an geschätzten Werten aufweisen. Das Zuordnungsverfahren bezieht sich somit auf eine größere Grundgesamtheit von Zählstellen als die Typenbildung. Das Zuordnungsverfahren ist im Sinne der Anforderungen erfolgreich, wenn jede Zählstelle einer Klasse zugeordnet werden kann, jedes zugeordnete Element die typspezifischen Eigenschaften der Klasse besitzt und das Verfahren im Jahresvergleich stabile Ergebnisse produziert. Stabilität bedeutet im Kontext der Fragestellung, dass Unterscheidungen in der jährlichen Zuordnung vornehmlich auf verkehrsstrukturelle Änderungen und weniger auf kurzfristigen zufälligen Einflüssen beruhen.

Bei der Ableitung des Zuordnungsverfahrens wurden die in 3.4 beschriebenen Werkzeuge benutzt (Distanzminimierung, am qualitativen Verlauf orientierte Schwellenwerte, etc.). Die o.g. Qualitätskriterien wurden anhand der Daten der Bezugsjahre 1997 und 1998 sowie der Bezugsjahre 1999 (Wochengang, Jahresgang) und im Rahmen der Erstanwendung 2000 (Tagesgang für ausgewählte Bundesländer) sowie 2001 (Jahresgang für ausgewählte Bundesländer) getestet. Mit Ausnahme der Tagesganglinientypisierung für die Tagesgruppe „Sonntag“ wurden die Qualitätskriterien erfüllt. Für die Tagesgruppe „Sonntag“ wurden daraufhin stärker generalisierte Typen erzeugt (siehe 3.4).

Untenstehend sind lediglich die Grundzüge des Zuordnungsverfahrens dargestellt. Die genaue Beschreibung des Zuordnungsverfahrens findet sich im Anhang. Im Unterschied zur bisherigen Praxis [Schmidt-1998] wurde bei der abschließenden Qualitätssicherung nicht der maximale Minimalabstand zwischen den jeweiligen Typen, sondern aus Gründen der Vereinheitlichung ein fester Schwellenwert verwendet.

Eine spezielle Ganglinie einer Zählstelle (mit den Kennwerten z_1, \dots, z_n) wird regelmäßig dann einem Ganglinientyp (mit den Kennwerten q_1, \dots, q_n) zugeordnet, wenn ihr Abstandsquadrat

$$\sum_{i=1}^n (q_i - z_i)^2$$

²⁷ Z.B.: Haben in obigem Beispiel 40 Prozent aller Zählabschnitte in dieser Klasse die Morgenspitze in der 7ten Stunde und 60 Prozent in der 8ten Stunde, so wird die gemittelte Ganglinie über alle Mitglieder mit einer Morgenspitze in der 8ten Stunde ausgewählt.

gerade zu diesem Ganglinientyp minimal ist. Für die Tages- und Wochenganglinien wird neben diesem Abstandskriterium gefordert, dass sich gewisse typspezifische Eigenschaften in der speziellen Ganglinie (z.B. beim Wochenganglinien-Typ D ein lokales Minimum am Samstag) wieder finden. Für die Zuordnung zu einem Ganglinientyp sind obere Schranken für das Abstandsquadrat festgelegt. Diese wurden anhand einer Analyse der Abstände festgelegt. Es war zu beobachten, dass die Abstände sich annähernd normalverteilt verhalten. Ab einem bestimmten Wert (der dann im Abgleich zwischen den Bezugsjahren als obere Schranke festgelegt wurde) bricht die Verteilung ab oder es treten nur noch vereinzelte größere Werte auf.

3.6 Ganglinientypen als Grundlage der Nachfragemodellierung

3.6.1 Definition

Der Begriff „Verkehrsnachfrage“ ist nach Wermuth (s. z.B. [WER-93]) von den Begriffen „Verkehrsbedürfnis“ und „Verkehrsbedarf“ zu trennen. Das subjektiv empfundene, möglicherweise latente Bedürfnis konkretisiert sich erst bei prinzipiell gegebener Möglichkeit der Bedürfnisbefriedigung und der Kenntnis davon zu einem bewusst als realisierbar erkannten materiellen oder immateriellen Bedarf, der sich zum Teil in einem Aktivitätenbedarf niederschlägt. Die Möglichkeit der Bedarfsbefriedigung, z.B. infolge Verfügbarkeit eines Verkehrsmittels, und die Kenntnis davon können zur Nachfrage führen. In diesem Sinne ist die **Verkehrsnachfrage**

„die Durchführung von Aktivitäten und der dazu notwendigen Ortsveränderungen.“ (I)

Der nachgefragte (Kfz-)Verkehr an einem Messquerschnitt (zu einer Zeiteinheit i) hängt im Sinne dieser Definition insbesondere auch vom Angebot an alternativen Verkehrsmitteln ab. Im Weiteren wird Verkehrsnachfrage im Sinne des nachgefragten Kfz-Verkehrs verwendet.

Bezogen auf **einen einzelnen Straßenquerschnitt** kann dementsprechend die **Verkehrsnachfrage** definiert werden, als (vgl. z.B. [ARN-04])

„Anzahl der Fahrzeuge, die in einer bestimmten Zeiteinheit (ohne aktuelle Störung des Verkehrsablaufes) den Messquerschnitt passieren würden.“ (II)

Die **Verkehrsstärke eines Messquerschnittes** (je Zeiteinheit i) ist definiert als

„die Anzahl der Fahrzeuge, die je Zeiteinheit i den Messquerschnitt passieren.“ (III)

Die Verkehrsstärke ist durch die Kapazität des Messquerschnitts (aber ggf. auch durch die Kapazität benachbarter Abschnitte (stromaufwärts: begrenzter Abfluss, stromabwärts: Rückstau) nach oben hin begrenzt. Die Verkehrsstärke ist im Gegensatz zur Verkehrsnachfrage eine messbare Größe. Sie wird oftmals als Schätzgröße für die Verkehrsnachfrage verwendet (z.B. [HBS-01]).

3.6.2 Grundsätzliche Methodik

Die Verkehrsnachfrage ist eine wichtige makroskopische, aus Basiswerten aggregierte, bzw. geschätzte Verkehrskenngröße zur Beschreibung des Verkehrsablaufs. Sie unterliegt zahlreichen Einflussfaktoren und kann grundsätzlich mit zwei unterschiedlichen Verfahren modelliert werden. Das erste Modell stellt die Verkehrsnachfrage als Dauerlinie dar, d.h. die – normalerweise als stündliche Verkehrsmenge erhobenen – Verkehrsstärken (als Schätzgröße der Verkehrsnachfrage) werden in einem Jahr der Größe nach geordnet. Die Dauerlinie zeigt gemäß Definition einen monoton fallenden Verlauf und gibt an, an wie vielen Stunden des Jahres eine bestimmte Belastung erreicht oder überschritten wird (s. z.B. [EWS/K-97]). Die zweite Variante ist die Darstellung der Verkehrsnachfrage als Ganglinie der (z.B. stündlichen) Verkehrsstärken über einen bestimmten Zeitraum (z.B. ein ganzes Jahr) hinweg. Im Gegensatz zur Dauerlinie bleibt hierbei der zeitliche Kontext der Verkehrsstärken gewahrt. Im Folgenden werden die beiden Verfahren anhand bestehender Anwendungen näher beleuchtet.

„Zur richtliniengerechten Handhabung werden Dauerlinien nach bestimmten Merkmalen typisiert und in vereinfachenden Modellen dargestellt“ ([EWS/K-97], S.26 mit Verweis auf [ZACK-76] und [ZACK-79]). „Die Verwendung einer geschlossenen mathematischen Funktion ist unter den Gesichtspunkten einer leichten numerischen Handhabung und einer guten Anpassung in allen Belastungsbereichen nicht zweckmäßig. Vielmehr erscheint eine Folge intervallweise konstanter Werte (Treppenkurve) zur Beschreibung der Dauerlinie geeignet.“ ([EWS/K-97], S.27). Die Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen [EWS-97] verwenden deshalb so genannte k-Faktoren, die stündliche Anteile der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke mit annähernd gleicher Verkehrsstärke repräsentieren. Für jede fahrtzweckspezifische Dauerlinie sind fünf Zeitraumintervalle vorgesehen, deren Länge mit dem Abfall der Dauerlinien steigt. Die Folgen der Intervalllängen sind hierbei

30 – 40 – 130 – 500 – 4124 h	für die Fahrtzweckgruppe „Werktag“
30 – 40 – 130 – 500 – 1724 h	für die Fahrtzweckgruppe „Urlaubswerktag“
30 – 40 – 130 – 500 – 812 h	für die Fahrtzweckgruppe „Sonn- und Feiertag“

Mit Hilfe der k-Faktoren werden die vorliegenden DTV-Werte in Belastungswerte je Intervall überführt. Die typisierten Dauerlinien werden im Ergebnis als diskrete Häufigkeitsverteilungen, differenziert nach Querschnittstyp und Fahrtzweck, dargestellt. Die Modelldauerlinien nach EWS stehen repräsentativ für das Bundesautobahnnetz mit der Eigenart, dass regionale oder streckenbezogene Abweichungen nicht berücksichtigt werden. Dies hat zur Folge, dass die Ermittlung der kritischen Fahrleistungen, die bei störanfälligem oder instabilem Fluss bei sehr hoher Auslastung entstehen und die hier zu untersuchenden Zeitverluste bedingen, stark pauschaliert wird. Dauerlinien sind durch unterschiedliche Steigungen der Polygonzugelemente charakterisiert. Die EWS gehen vereinfachend von Durchschnittswerten aus. Dies hat Auswirkungen auf die Dauer der kritischen Zeitbereiche und die Größe der kritischen Fahrleistungen vor allem bei Streckenabschnitten, deren reale Dauerlinien im Anfangsbereich (Überlastungsbereich) von den EWS-Modelldauerlinien deutlich abweichen. Kritisch zu beurteilen ist auch die Wahl der Intervallgrenzen im oberen Bereich der Dauerlinien, wenn damit – wie in [EWS/K-97], S. 27 ausgeführt – „mit der ersten Intervallgrenze nach der 30.Stunde auch eine Verbindung zu den Bemessungsrichtlinien hergestellt“ werden soll, „die hier“ (30. Stunde) „den kritischen Punkt einer zulässigen Überschreitung eines Bemessungszustands sehen.“ Dieser Anspruch erfordert gerade nicht, die 30. Stunde als

Grenze eines Intervalls zu wählen. Zielführend ist es dagegen, die Intervallgrenzen so zu wählen, dass die 30. Stunde in einer Intervallmitte liegt. Weiterhin ist beim heutigen Stand der elektronischen Datenverarbeitung zu hinterfragen, ob „eine leichte numerische Handhabung“ (s.o.) die Verwendung einer Treppenkurve rechtfertigt. Neben der größeren Aktualität erscheinen deshalb die in [ARN-04] vor dem Hintergrund von Fragen der Bemessung abgeleiteten Dauerlinientypen (s. 5.3) auch im Rahmen der Durchführung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen praktikabler.

Über die Zuordnung eines Straßenabschnitts zu einem Jahres-, einem Wochen- und den jeweiligen Tagesganglinientyp(en) wird die Verkehrsstruktur am betreffenden Abschnitt in generalisierter Form dargestellt. Eine Disaggregation in einzelne Stundenwerte (in ihrem zeitlichen Kontext) wird wie folgt erreicht:

1. Schritt: Durch Multiplikation der Prozentwerte des Jahresganglinientyps mit dem (richtungsgetrenten) DTV können Wochenwerte (für jede Kalenderwoche) abgeleitet werden.
2. Schritt: Durch Multiplikation der Prozentwerte des Wochenganglinientyps mit den einzelnen Wochenwerten können Tageswerte abgeleitet werden.
3. Schritt: Durch Multiplikation der Prozentwerte des jeweiligen Tagesganglinientyps mit den einzelnen Tageswerten können Stundenwerte abgeleitet werden.

Grundsätzlich kann also aus dem (richtungsgetrenten) DTV und aus einer Zuordnung zu den o.g. Ganglinientypen eine stundenbasierte Jahresganglinie erzeugt werden. Problematisch ist bei diesem Vorgehen zu sehen, dass die Wochen- und Tagesganglinientypen nur für den Normalzeitbereich abgeleitet wurden. Ein Lösungsansatz dieses Problems ist in 3.6.3.2 beschrieben.

Stehen einzelne Zwischenwerte (Wochen- oder Tageswerte) aus Zählungen oder für den jeweiligen Anwendungsfall als genauer eingeschätzte Modellierungen zur Verfügung, so können auch einzelne der o.g. Schritte ausgelassen werden. Anwendungen für diese Vorgehensweise bei der Modellierung der Verkehrsnachfrage finden sich z.B. in [RÜB-01] (Ableitung von Nutzerkosten durch Baustellen im Rahmen eines Managementsystems für die Erhaltung von Brücken) oder in [LIST-04] (Quantifizierung von Zeitverlusten durch infrastrukturelle Engpässe).

3.6.3 Verfahrensmodifikationen

In den einzelnen Anwendungsfällen wird die grundsätzliche Methodik oftmals modifiziert. Auf zwei Modifikationen soll im Folgenden näher eingegangen werden:

3.6.3.1 Berücksichtigung stochastischer Schwankungen (nach [OBER-03B])

Ganglinientypen sind grundsätzlich aneinander gereichte Lageparameter, um welche die tatsächlichen Stundenwerte streuen. In Abbildung 11 wird ein Ausschnitt (zwei Wochen) aus einer auf Ganglinientypen aufbauenden stundenbasierten Jahresganglinie aus [BRI-03] dargestellt. Da der aus [HEID-82] verwendete Jahresganglinientyp in diesem Bereich nicht streut, ist die zweite Woche eine exakte Wiederholung der vorhergehenden. Dies verdeut-

licht, dass eine auf einer auf Ganglinientypen aufbauende stundenbasierte Jahresganglinie recht schematisch geraten kann.

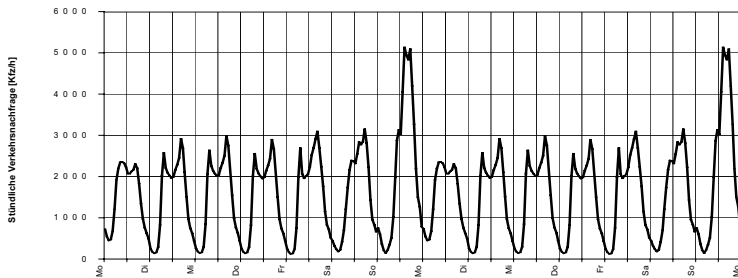


Abbildung 11: Aus typisierten Ganglinien erzeugte Ganglinie der Verkehrsnachfrage (aus [BRI-03])

Die Verwendung einer solchen schematischen Jahresganglinie hat unter Umständen zur Folge, dass Staubildungen systematisch unterschätzt werden. Deutlich wird diese Tatsache, wenn man z. B. den Fall betrachtet, dass die Spitzen der aus den Typen ermittelten Jahresganglinie nur unwesentlich unter der Kapazität des Engpasses liegen, d.h. bei der Staumodellierung würde sich auch über längere Zeiträume hinweg kein Stau ergeben, obwohl in der Realität in diesem Fall auf Grund der natürlichen Schwankungen der Verkehrsnachfrage von kapazitätsbedingten Störungsfällen ausgegangen werden kann.

Um diese systematische Unterschätzung der Staubildung abzumindern, ist es daher sinnvoll, bei der Modellierung der Verkehrsnachfrage eine stochastische Komponente einzuführen. Die Grundlage dieser Modellierung bildet die stundenbasierte Jahresganglinie, die aus den zugehörigen typisierten Ganglinien sowie dem DTV-Wert des Streckenabschnitts berechnet wird und als mittlerer Erwartungswert $q_0(i)$ für jede Stunde aufgefasst wird.

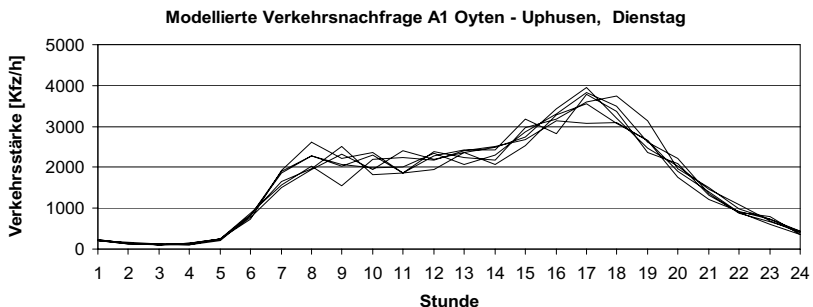


Abbildung 12: Typisierte Ganglinie mit stochastischer Angleichung (Aus [OBER-03])

Zur Modellierung werden die einzelnen Stundenwerte mit Hilfe einer Normalverteilung um den jeweiligen Erwartungswert gestreut. Die Eigenschaften der Normalverteilung werden

durch den Variationskoeffizienten festgelegt. Abbildung 12 zeigt beispielhaft eine typisierte Tagesganglinie mit einer stochastischen Angleichung (Variationskoeffizient gleich 0,05; oberer und unterer Grenzwert von $\pm 0,5$ des Ausgangswertes).

3.6.3.2 *Wochen- und Tagesganglinien in Ferien- und Feiertagswochen*

Die nachfolgend vorgestellte Vorgehensweise zur Behandlung von Ferien- und Feiertagswochen bei der Nachfragemodellierung auf Basis von Ganglinientypen wurde in [LIST-04] erstmalig angewendet. Die Darstellung ist an die dortigen Ausführungen angelehnt.

Die Ergebnisse zu den Jahresganglinientypen in 4.1 verdeutlichen, dass der Einfluss von Ferienzeiten sowie Feiertagen hinsichtlich der Verkehrscharakteristik der Streckenabschnitte unterschiedlich ausgeprägt ist. Ferien und Feiertage bewirken zum einen verstärkten Ferienerreiseverkehr, der insbesondere auf den Hauptreiserouten zu einem Anstieg der Verkehrsnachfrage führt, zum anderen geht i.d.R. die Verkehrsnachfrage in Netzabschnitten, die im Normalzeitbereich hauptsächlich vom Berufsverkehr geprägt sind, zurück. Auf Grundlage der in 4.1.1 dargestellten Jahresganglinientypen sind folgende Unterscheidungen nahe liegend:

- Streckenabschnitte, auf denen die Verkehrsbelastung während der Feiertags- und Ferienverkehrszeiten stark zunimmt (JG-Typen E bis G), sind von Streckenabschnitten mit demgegenüber gleichmäßigem Jahresverlauf der Verkehrsnachfrage oder Rückgängen zu Feiertags- und Ferienverkehrszeiten zu unterscheiden (JG-Typen A bis D). Bei der ersten Gruppe handelt es vornehmlich um Hauptreiserouten im Autobahnnetz (s. Tabelle 9 in Verbindung mit Abbildung 15).
- Bei der zweiten Gruppe (Verkehrsrückgänge zu Ferienverkehrszeiten) ist davon auszugehen, dass sich zwar die Absolutwerte aber nicht die Verteilung der Fahrtzwecke während der Feiertags- und Ferienverkehrszeiten im Vergleich zur Normalverkehrszeit ändern. Für diese Abschnitte können die auf Basis des Normalzeitbereichs abgeleiteten Wochen- und Tagesganglinientypen verwendet werden. Es sind hier lediglich die Wochen separat zu betrachten, bei den sich die Tagestypfolge durch zusätzliche Feiertage in der Woche ändert.
- Auf Streckenabschnitten entlang der Hauptreiserouten ist dagegen auf Grund der Überlagerung des „Normalverkehrs“ durch den Urlaubsreiseverkehr sowohl im Wochen- als auch im Tagesverlauf von gegenüber dem Normalzeitbereich veränderten Verkehrsnachfragestrukturen auszugehen. Es ist anzunehmen, dass sich hierbei der Mehrverkehr in den betreffenden Wochen überproportional auf das Wochenende verteilt. Es ist weiterhin anzunehmen, dass Hauptreisetage von einem gleichmäßigeren Verlauf der Tagesganglinie gekennzeichnet sind. Dies wird auch in [RÖHR-96] anhand von Auswertungen von Urlaubsreisewellen festgestellt.

Tagesganglinien in Ferien- und Feiertagswochen

Um dem gleichmäßigeren Verlauf der täglichen Verkehrsnachfrage auf den Hauptreiserouten in der Modellierung zu berücksichtigen, ist es also sinnvoll, an den Hauptreisewochenenden auf den relevanten Streckenabschnitten (JG-Typen E bis G) nur entsprechende Tagesgang-

linientypen zu verwenden. An den Freitagen ist dies der TG-Typ C, an Samstagen und Sonntagen ist dies der TG-Typ A.

Wochenganglinien in Ferienwochen

Für Hauptreisewochenenden zu Ferienzeiten (außerhalb der Feiertagswochen) ist anzunehmen, dass es sich bei den staugefährdeten Tagen im Wesentlichen um Freitage und Samstage handelt. Deshalb ist es sinnvoll, in diesen Wochen den vom Urlaubsverkehr geprägten Streckenabschnitten (JG-Typen E bis G) den WG-Typ E zuzuordnen.

Wochenganglinien in Feiertagswochen

In [BRI-03] wurde auf Basis empirischer Untersuchungen abgeleitet, dass die Verkehrsverteilung an Feiertagen der sonntäglichen Verteilung und die Verkehrsverteilung an Werktagen vor einem Feiertag der freitäglichen Verkehrsverteilung am jeweiligen Abschnitt ähneln. Weiterführend ist anzunehmen, dass (die relativ selten auftretenden) Brückentage²⁸ hinsichtlich der Verkehrsverteilung Samstagen ähneln. Die darauf aufbauende Zuordnung von Tagen in Feiertagswochen zu den in 4.3 dargestellten Tagestypen ist in Tabelle 6 angegeben.

Tag	Tagestyp
Feiertag	Sonntag
Werktag vor einem Feiertag	Freitag
Werktag nach einem Feiertag	Montag
Brückentag	Samstag

Tabelle 6: Tagestypen in Feiertagswochen

Bei einer Beschränkung auf bundeseinheitliche Feiertage sind für das Bezugsjahr 2000 in Tabelle 7 die Tagestypfolgen für die Feiertagswochen dargestellt.

Nr.	Kalenderwoche	Besonderheit	Tagestypfolge
1	1: Neujahr	Sa = Neujahr	Mi Do Fr So So Mo Di
2	16: Ostern		Mi Fr So Sa So So Mo
3	22: Christi Himmelfahrt 24: Fronleichnam		Fr So Fr Sa So Mo Di Fr So Fr Sa So Mo Di
4	17: Tag der Arbeit 23: Pfingsten 40: Tag d. Dt. Einheit	Mo = Tag der Arbeit Mo = Tag d. Dt. Einheit	Mi Do Fr Sa So So Mo Mi Do Fr Sa So So Mo Mi Do Fr Sa So So Mo
5	52: Weihnachten	So = Hl. Abend	Mi Do Fr Sa So So So

Tabelle 7: Tagestypfolge und Hauptreisestage in den modifizierten Feiertagswochenganglinien im Jahr 2000

Durch die Veränderung der Tagestypfolgen, also insbesondere der täglichen Anteilswerte am wöchentlichen Verkehr, ergibt sich in der Summe ein Wert ungleich 100 Prozent, welcher somit normiert werden muss. Hierzu wird zunächst die Differenz zwischen der Wochensum-

²⁸ Brückentag = Einzelner Tag (Montag oder Freitag) zwischen Feiertag und Wochenende

summe aus dem Normalzeitbereich (= 100%) und der Wochensumme der Wochenanteils-
werte in der betrachteten Feiertagswoche ermittelt. Diese Differenz wird dann gewichtet auf
die Wochenanteils-
werte umgelegt und auf diese aufgeschlagen. Damit ergibt sich zur Er-
mittlung der modifizierten Wochenanteils-
werte in einer Feiertagswoche folgender Zusammen-
hang:

$$k_{i,mod} = \left(\frac{\sum k_{i,NZB}}{\sum k_{i,FTW}} \right) * k_{i,FTW}$$

mit:

$k_{i,mod}$: modifizierter Wochenanteilwert eines Tages in einer Feiertagswoche

$k_{i,NZB}$: Wochenanteilwert eines Tages in einer Woche des Normalzeitbereiches

$k_{i,FTW}$: Wochenanteilwert eines Wochentags in einer Feiertagswoche

Abbildung 13 zeigt für zwei exemplarische Typkombinationen anhand des Vergleiches zwi-
schen einer Normalzeitbereichswoche (Woche 19) und einer Feiertagswoche (Woche 20
(Christi Himmelfahrt)), dass die beschriebene Vorgehensweise zu plausiblen Wochengang-
linienverläufen führt.

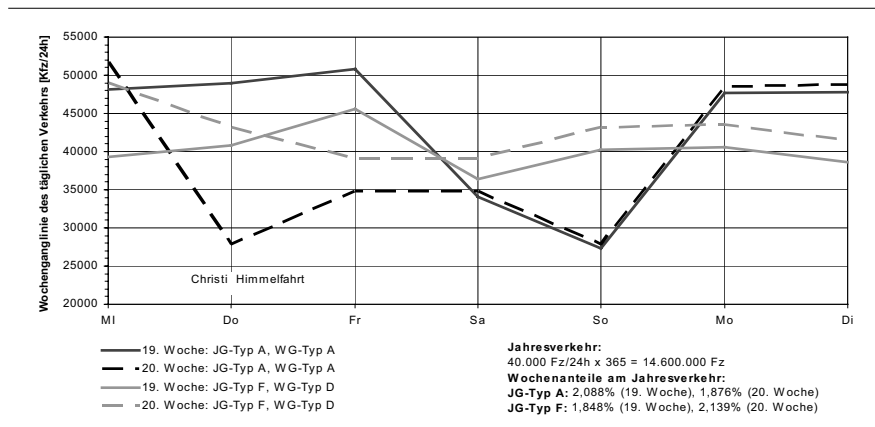


Abbildung 13: Wochenganglinientypen für den Normalzeitbereich im Vergleich mit den modifizierten Wochenganglinien des Feiertagsverkehrs (aus [LIST-04])

Die Kombination JG-Typ A / WG-Typ A steht für vom erwerbsbedingten Verkehr geprägte Abschnitte: Die oben beschriebene Vorgehensweise führt dazu, dass der Rückgang des Belastungsniveaus in der Normalzeitbereichswoche (2,088% des Jahresverkehrs) auf das Belastungsniveau der Feiertagswoche (1,876% des Jahresverkehrs) sich fast ausschließlich auf den Feiertag und folgenden Brückentag auswirkt. Die Verkehrsstärkewerte an den

Werktagen bleiben nahezu unbeeinflusst. Bei der Kombination JG-Typ F / WG-Typ D des Normalzeitbereiches, die z. B. auch einigen vom Urlaubsverkehr geprägten Streckenabschnitten auf der A3 und auf der A7 zugeordnet ist, wird der Mehrverkehr in Woche 20 (2,042% des Jahresverkehrs im Vergleich zu 1,928% in Woche 19) zu einem überproportionalen Anteil am Mittwoch vor Christi Himmelfahrt abgewickelt.

3.6.4 Gütebeurteilung

Hinsichtlich der Anwendung von Ganglinientypen zur Nachfragemodellierung lässt die Verwendung des in 3.1 – 3.5 beschriebenen Ableitungs- und Zuordnungsverfahren gegenüber der bisherigen Vorgehensweise folgende wesentliche Verbesserungen erwarten:

- Die Jahresganglinie kann genauer und differenzierter dargestellt werden. Damit ist hinsichtlich der wöchentlichen Verkehrsstärken eine deutlich genauere Abbildung der tatsächlichen Verkehrsnachfragestruktur eines Streckenabschnitts zu erwarten.
- Die Umstellung auf – soweit möglich – an die manuelle Straßenverkehrszählung (SVZ) angelehnte Kenngrößen ermöglicht eine breitere Anwendung des Zuordnungsverfahrens und verbessert somit die Datenverfügbarkeit und -qualität der Ausgangsdaten für eine Nachfragemodellierung.
- Die weitere Spezifizierung der Jahresganglinientypen nach Ferienhauptgruppen und der Tagesganglinientypen nach Maximalstunde ermöglicht differenziertere Anwendungen.

Eine realitätsnahe Modellierung der Verkehrsnachfrage mit einem im Vergleich zu z.B. in [BRI-03] favorisiertem Modell (Tageswerte in Verbindung mit Tagesganglinientypen) extensiven Datenbedarf erscheint mit diesem Ableitungs- und Zuordnungsverfahren ggf. in Verbindung mit den in 3.6.3 beschriebenen Modifikationen nun möglich. Die abgeleiteten Ganglinientypen wurden derart in verschiedenen Anwendungen (s. z.B. [RÜB-01], [OBER-03B] oder [LIST-04]) verwendet. In Kapitel 5 wird eine Gütebeurteilung dieses Modellierungsansatzes anhand zweier Anwendungsfälle vorgenommen.

Im ersten Fall (5.1) stützt sich die Gütebeurteilung auf eine Sensitivitätsanalyse aller in die Berechnung einfließenden Modellparameter und setzt die durch die Verwendung von Ganglinientypen im Einzelfall möglichen Zeitverluste zu dem durch andere Modellparameter möglichen Schätzfehler in Bezug.

Im zweiten Fall (5.2) stützt sich die Gütebeurteilung auf einen Vergleich zwischen den modellierten und den gezählten Stundenwerten. Hierbei ist zu beachten, dass auch gezählte Stundenwerte nur als Schätzung der Verkehrsnachfrage (im Sinne der in 3.6.1 genannten Definitionen) aufgefasst werden können. Zum einen ist hier die in 3.2.3 beschriebene Aggregationsproblematik beachtlich, zum anderen werden die Verkehrsnachfragewerte bei regelmäßig überlasteten Abschnitten gekappt.

4 Ergebnisse der Ganglinientypisierung

4.1 Jahresganglinien

4.1.1 Darstellung und zusammenfassende Beschreibung der Typen

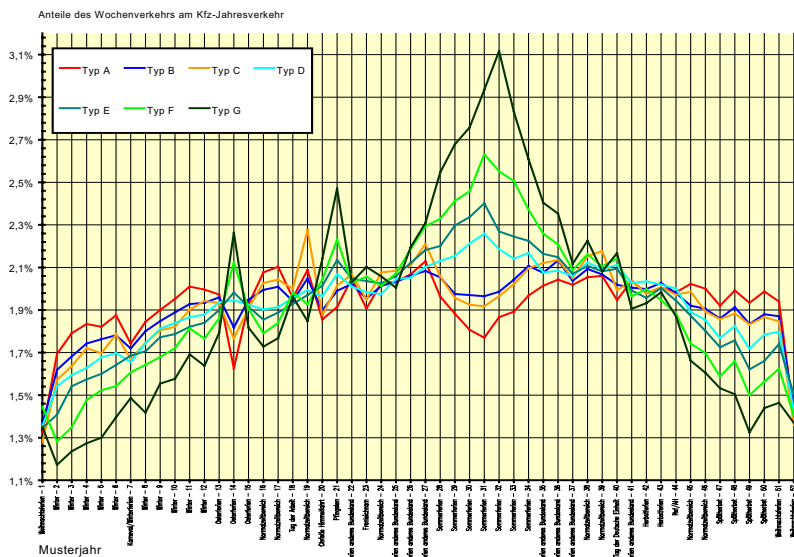


Abbildung 14: Jahresganglinientypen

Die in Abbildung 14 veranschaulichten Typen lassen sich im Kurvenverlauf wie folgt beschreiben (in Klammern relative Klassengröße²⁹ (Bezugsjahr 2001)):

Typ A: Starke Rückgänge für Ferien- und Feiertagswochen (38 Prozent)

Typ B: Weitgehend ausgeglichen (12 Prozent)

Typ C: Rückgänge für Ferien- und Feiertagswochen, vereinzelte Spitzen außerhalb der Ferienzeiten (17 Prozent)

Typ D: Vereinzelte Spitzen innerhalb der Ferienzeiten (11 Prozent)

Typ E: Erhöhtes Verkehrsaufkommen innerhalb der Ferienzeiten (12 Prozent)

Typ F: Ausgeprägte Spitzen innerhalb der Ferienzeiten, lokale Maximalwerte für einzelne (Feiertags-)Wochen (8 Prozent)

Typ G: Stark ausgeprägte Spitzen innerhalb der Ferienzeiten, lokale Maximalwerte für einzelne (Feiertags-)Wochen (2 Prozent)

²⁹ D.h. Anteil der dieser Klasse zugeordneten Zählabschnitte an allen Zählabschnitten in Prozent)

Die Zählabschnitte der Typen A, B und C sind im Normalzeitbereich überwiegend vom erwerbsbedingten Verkehr geprägt. Der Typ A wird sogar in nahezu allen Fällen in beiden Richtungen den Wochenganglinientypen A und B zugeordnet, d.h. die maßgebenden Verkehre sind hier – zumindest im NZB – an den Werktagen Montag bis Freitag zu beobachten. Während beim Typ A zu Ferienzeiten Verkehre abgezogen werden, die durch Reiseverkehr – sofern überhaupt vorhanden – nicht kompensiert werden können, finden solche Kompensationen auf Zählabschnitten vom Typ B statt. Zählabschnitte vom Typ B deuten also auf Strecken hin, die hinsichtlich ihrer jahreszeitlichen Realisation gegenläufigen Fahrtzwecken dienen. Der Typ C ist vermehrt auf schwachbelasteten Abschnitten zu beobachten, an denen schon kleinere Sonderereignisse (z.B. Kirmes) außerhalb der Ferienzeiten zu merklichen Verkehrsanstiegen führen können. Die Lage dieser Spitzen im Musterjahr ist besonders bei diesem Typ als rein exemplarisch anzusehen.

An den Zählabschnitten der Typen D bis G führt Freizeitverkehr zu den jahreszeitlichen Spitzenbelastungen. Abschnitte dieser Jahresganglinientypen werden so gut wie nie auch nur in einer Richtung dem Wochenganglinientyp A zugeordnet. Bei höchstbelasteten Zählabschnitten (auf BAB) tritt von diesen Typen weit überwiegend der Typ D auf. Ferienverkehre können hier schon aus Kapazitätsgründen keine von der Normalbelastung deutlich abgesetzte Spitzenbelastung erzeugen. Daneben werden dem Typ D aber auch schwächer belastete Abschnitte mit vergleichsweise geringen Verkehrszunahmen oder einzelnen Spitzenbelastungen an Feiertagen oder zu Ferienzeiten zugeordnet. Typ G ist ausschließlich auf schwach belastete Abschnitte begrenzt.

Während bei den Zählstellen der Typen A bis C der ferienzeitbedingte Verkehrsrückgang eng an die Ferienzeiten des jeweiligen Bundeslandes geknüpft ist, liegen bei Zählstellen der Typen D bis G die maximalen Verkehrsanteile überwiegend im Schnittstellenbereich der Ferienzeiten aller Bundesländer.

4.1.2 Beschreibung der Kennwerte

In Tabelle 8 sind die Verteilungen der zur Clusteranalyse verwendeten Kenngrößen (in nicht standardisierter Form) in den einzelnen Kategorien mittels gewisser Lage- und Streuparameter exemplarisch für das Bezugsjahr 1999 dargestellt. Die einzelnen Verteilungen erwiesen sich im Vergleich der Bezugsjahre als relativ stabil. Auf eine gesonderte Angabe der anderen Bezugsjahre wurde deshalb verzichtet. Bei der Beurteilung der Streuung in den einzelnen Klassen sind auch die jeweiligen Fallzahlen zu beachten. So sind die in der Kategorie G auftretenden vergleichsweise große Abweichungen angesichts der kleinen Fallzahl in dieser Kategorie und der damit verbundenen Zufälligkeiten nicht auffällig.

Typ	Fall- zahl		Mittel- wert	Median	Standard- abweich.	Mini- mum	10%- Perzentil	30%- Perzentil	70%- Perzentil	90%- Perzentil	Maxi- mum
A	286	sumrank4	8,41	8,38	0,13	8,13	8,27	8,35	8,46	8,60	8,79
		fer	0,93	0,94	0,02	0,88	0,90	0,92	0,94	0,95	0,96
B	173	sumrank4	8,43	8,44	0,13	8,12	8,27	8,35	8,47	8,60	8,71
		fer	0,99	0,99	0,02	0,96	0,96	0,97	0,99	1,00	1,06
C	96	sumrank4	8,77	8,71	0,17	8,56	8,61	8,67	8,81	9,01	9,46
		fer	0,96	0,96	0,02	0,88	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99
D	131	sumrank4	8,83	8,83	0,14	8,56	8,62	8,75	8,92	9,00	9,15
		fer	1,03	1,03	0,02	1,00	1,01	1,02	1,04	1,07	1,08
E	111	sumrank4	9,30	9,27	0,18	8,90	9,08	9,17	9,40	9,55	9,81
		fer	1,07	1,08	0,03	1,00	1,03	1,06	1,09	1,11	1,13
F	76	sumrank4	10,12	10,10	0,35	9,50	9,65	9,90	10,31	10,59	11,12
		fer	1,15	1,14	0,04	1,06	1,10	1,12	1,17	1,20	1,24
G	16	sumrank4	11,65	11,63	0,60	10,94	10,94	11,16	12,10	12,46	12,46
		fer	1,27	1,26	0,06	1,18	1,19	1,23	1,31	1,36	1,37

Tabelle 8: Jahresgang: Lage- und Streuungsparameter der zur Clusteranalyse verwendeten Kenngrößen getrennt nach Typenzuordnung für das Bezugsjahr 1999

4.1.3 Vergleich nach Straßen- und DTV-Klassen

In Tabelle 9 ist der Besetzungsgrad der einzelnen Typen getrennt nach Straßenklassen dargestellt. Im Vergleich zur Verteilung der Grundgesamtheit auffällig stark besetzte Klassen sind mit fester Schrift, auffällig schwach besetzte Klassen mit kursiver Schrift hervorgehoben. Die hiermit hervorgehobenen Tendenzen erwiesen sich auch im Vergleich der Bezugsjahre als stabil. Dagegen besitzen die dargestellten Besetzungsgrade bei den Kreis- und Gemeindestraßen aufgrund der niedrigen Fallzahl nur eine geringe Aussagekraft. Auch ist zu beachten, dass das Dauerzählstellenkollektiv hinsichtlich der verkehrsstrukturellen Zusammensetzung nicht repräsentativ für das Gesamtnetz sein muss.

Ausgehend vom Dauerzählstellenkollektiv ist festzustellen, dass auf Autobahnen knapp 50 Prozent der Abschnitte im Jahresverlauf merklich durch den Ferienverkehr gekennzeichnet sind. Dieser Anteil liegt im nachgeordneten Netz deutlich niedriger. Jahresverläufe mit star-

ken Einbrüchen zu Ferienzeiten des eigenen Bundeslandes (Typ A und C) treten dagegen auf Autobahnen deutlich seltener auf als im nachrangigen Netz.

	Fall- zahl	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E	Typ F	Typ G	Ge- samt
Autobahnen	279	24	24	4	18	18	11	1	100
Bundes- straßen	379	31	25	12	12	11	7	2	100
Landes- bzw. Staatstraßen	117	48	5	24	6	9	7	2	100
Kreis- und Ge- meindestraßen	11	64	0	27	9	0	0	0	100
Grund- gesamtheit	786	32	21	11	13	13	8	2	100

Tabelle 9: Jahresgang: Typenverteilung nach Straßenklassen in Prozent (Bezugsjahr 1998)

In einer weiterführenden Analyse wurde für BAB die Typenverteilung getrennt nach DTV-Klassen betrachtet. In Tabelle 10 sind die Ergebnisse dargestellt. Es zeigt sich deutlich, dass hochbelastete Abschnitte zu ausgeglichenen Verläufen tendieren. Eine sachgemäße weitere Differenzierung nach Fahrstreifenzahl konnte aus Aufwandsgründen nicht vorgenommen werden.

DTV-Klassen	Fall- zahl	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E	Typ F	Typ G	Ge- samt
kleiner gleich 20.000	26	19	12	0	12	19	31	8	100
20.001 – 40.000	64	19	19	7	19	14	19	3	100
40.001 – 60.000	74	26	20	5	19	22	8	0	100
60.001 – 80.000	64	30	27	2	15	20	6	0	100
80.001 – 100.000	26	23	38	0	12	23	4	0	100
größer 100.000	25	24	40	0	28	8	0	0	100
Grund- gesamtheit	279	24	24	4	18	18	11	1	100

Tabelle 10: Jahresgang: Typenverteilung nach DTV-Klassen auf BAB in Prozent (Bezugsjahr 1998)

4.1.4 Weitere Differenzierung nach Ferienhauptgruppen

In 3.2.1.1 wurden die Faktoren beschrieben, die die jährliche Verkehrsverteilung strukturieren. Von besonderer Bedeutung sind hierbei die Ferientermine, die aufgrund des in Deutschland geltenden rollierenden Systems je Bundesland und grundsätzlich auch je Bezugsjahr variieren. Es ist deshalb sinnvoll, die Darstellung der Jahresganglinientypen in Abhängigkeit von den tatsächlichen Ferienterminen weiter zu differenzieren. Die in 3.4.2 beschriebene Vorgehensweise führt zu folgenden Ferienhauptgruppen (FHG):

FHG 11: keine Winterferien / 2-3 Wochen Osterferien / Pfingstferien kleiner 1 Woche / frühe Sommerferien (Beginn 26 KW oder früher) / frühe Herbstferien (2 Wochen)

FHG 12: keine Winterferien / 2-3 Wochen Osterferien / Pfingstferien kleiner 1 Woche / Sommerferienbeginn nach der 26 KW / Herbstferien 2 Wochen

FHG 21: Winterferien / 2 Wochen Osterferien / Pfingstferien ca. 1 Woche / Sommerferien eher früher (Beginn 27 KW oder früher) / Herbstferien eher früher (1-2 Wochen)

FHG 22: Winterferien / 2 Wochen Osterferien / Pfingstferien ca. 1 Woche / Sommerferien eher später (Beginn 29 KW oder später) / Herbstferien eher später (1-2 Wochen)

FHG 30: keine Winterferien/ 1-2 Wochen Osterferien / 2 Wochen Pfingstferien / späte Sommerferien (Beginn 30 KW oder später) / späte Herbstferien (1-2 Wochen)

Die Hauptgruppenbildung ist trennscharf und bezüglich der zu Grunde liegenden Bezugsjahre auch vollständig³⁰. Bundesländer (und damit auch die dortigen Zählabschnitte), die sich nicht an dem rollierenden System beteiligen (traditionsgemäß Bayern und Baden-Württemberg), können unabhängig vom Bezugsjahr einer Ferienhauptgruppe zugeordnet werden. Bei allen anderen Bundesländern hängt die Zuordnung von den Ferienterminen im jeweiligen Bezugsjahr ab. Die Einteilung in Ferienhauptgruppen wirkt sich ausgehend von der Typenbildung nur auf die Darstellung des jeweiligen Jahresganglinientyps aus, d.h. mit dem den Zählabschnitt beherbergenden Bundesland wird für das Bezugsjahr auch die Zählstelle der jeweiligen Ferienhauptgruppe zugeordnet. Im Ergebnis können mit Hilfe dieser Spezifizierung bekannte mittlere Belastungen differenzierter auf die einzelnen Netzteile verteilt werden. In Abbildung 15 sind je Jahresganglinientyp die je Ferienhauptgruppe modifizierten Darstellungen³¹ abgebildet. Hauptsächlich werden folgende Zusammenhänge deutlich:

- Rückgänge der Verkehrsbelastung zu Ferienzeiten sind abhängig von den Ferienterminen des eigenen Bundeslandes.
- Zuwächse der Verkehrsbelastung zu Ferienzeiten hängen auch von Ferienterminen anderer Bundesländer ab.

In Verbindung mit Tabelle 9 lassen sich hieraus Thesen ableiten, die hinsichtlich des Normalzeitbereichproblems bei der Verwendung von Wochen- und Tagesganglinientypen zur Modellierung einer stundenbasierten ganzjährigen Nachfrageganglinie zu einem ersten Lösungsansatz führen (siehe im Detail in 3.6.3.2).

³⁰ Theoretisch vorstellbare Ferientermine, welche die Vollständigkeit im Grundsatz beschädigen, sind beim derzeitigen Diskussionsstand der Kultusministerkonferenz nicht zu erwarten.

³¹ Bei der zu Grunde liegenden Zeitachse wird angenommen, dass die Osterfeiertage in die 14. Kalenderwoche fallen.

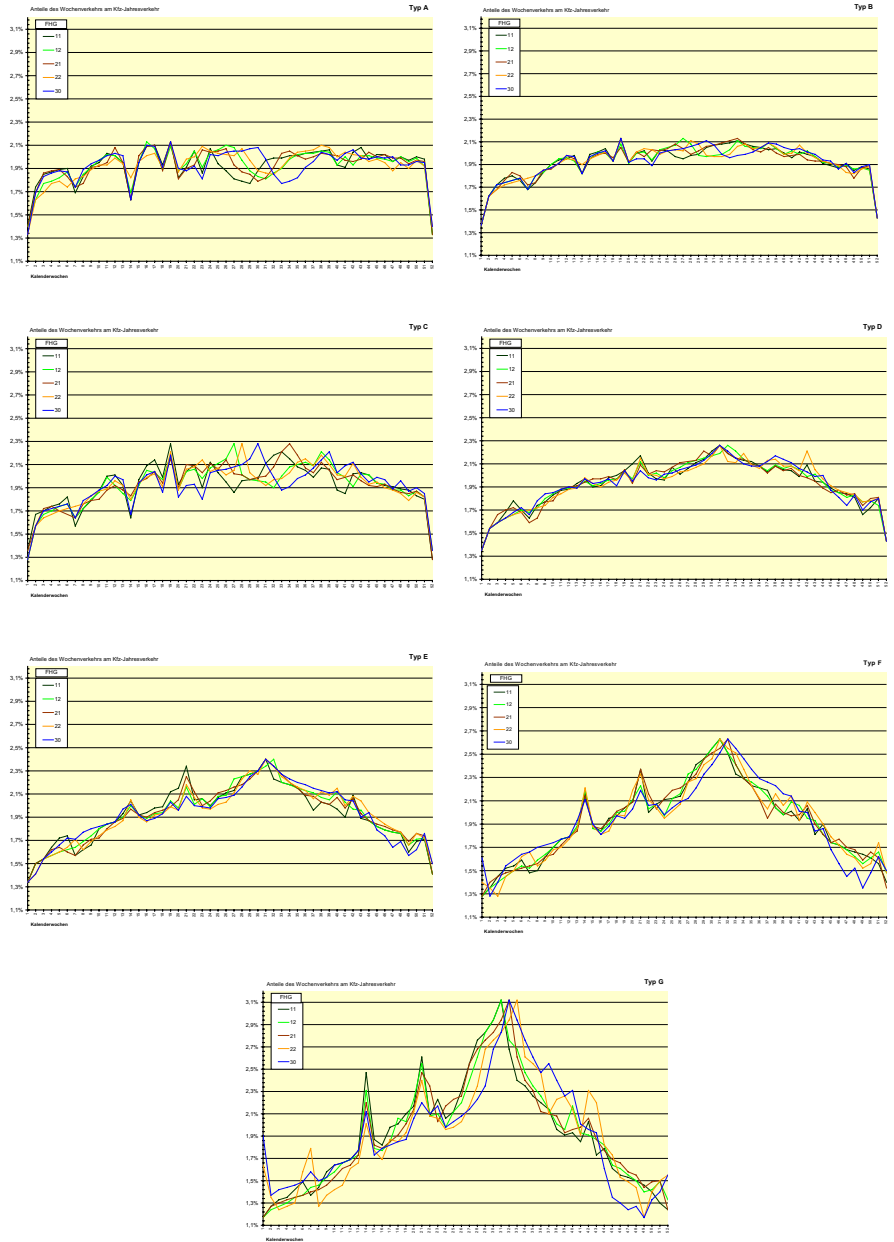


Abbildung 15: Jahresganglinientypen getrennt nach Ferienhauptgruppen

4.2 Wochenganglinien

4.2.1 Darstellung und zusammenfassende Beschreibung der Typen

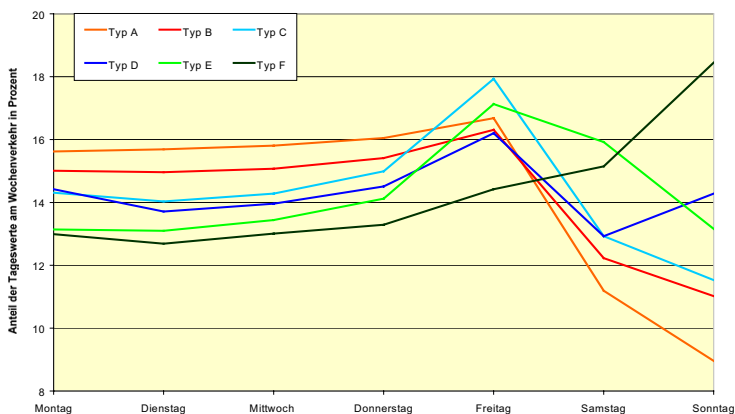


Abbildung 16: Wochenganglinientypen

Die in Abbildung 16 veranschaulichten Typen lassen sich im Kurvenverlauf wie folgt beschreiben (in Klammern relative Klassengröße³² (Bezugsjahr 2000):

- Typ A: Montag bis Freitag gleichmäßige Anteile, deutliches Minimum Samstag und Sonntag (26 Prozent)
- Typ B: Montag bis Freitag gleichmäßige Anteile, Minimum Samstag und Sonntag (42 Prozent)
- Typ C: Deutliches Maximum Freitag, Minimum Sonntag (8 Prozent)
- Typ D: Lokales Maximum Montag, Freitag, Sonntag (18 Prozent)
- Typ E: Freitag und Samstag überdurchschnittlich (4 Prozent)
- Typ F: Samstag überdurchschnittlich, Maximum Sonntag (2 Prozent)

Zählstellen vom Typ A und vom Typ B deuten auf vom erwerbsbedingten Verkehr geprägte Abschnitte hin. Zum überwiegenden Teil (ca. 80%) gehört bei diesen Zählstellen auch die Gegenrichtung der gleichen Klasse an. Wochenendpendlerverkehre vom Arbeitsort weg bestimmen den charakteristischen Kurvenverlauf der Wochenganglinie bei Zählstellen des Typs C. Ca. 70% der Zählstellen dieser Klasse werden in Gegenrichtung dem Typ D zuge-

³² D.h. Anteil der dieser Klasse zugeordneten Zählabschnitte an allen Zählabschnitten in Prozent)

ordnet. Mitglieder der Klasse E sind oftmals grenznahe Zählstellen. Das Erscheinungsbild der Wochenganglinien vom Typ F wird vom Freizeitverkehr am Wochenende geprägt.

Im Vergleich zu den auf dem Datenbestand des Jahres 1980 basierenden Ganglinien aus [HEID-82] zeigt sich an den untersuchten Dauerzählstellen der relative Bedeutungsverlust des Wochenendverkehrs und hier insbesondere des sonntäglichen Verkehrs gegenüber dem Verkehrsaufkommen an den (restlichen) Werktagen. In [HEID-82] wurden zwei Klassen mit der Eigenschaft „Maximum Sonntag“ generiert, denen knapp 13 Prozent der untersuchten Zählstellen zugeordnet wurden. Die Eigenschaft „Maximum Sonntag“ findet sich bei den neuen Typen nur noch in der Klasse F mit einer relativen Klassengröße von lediglich 2 Prozent. Während im Datenbestand von 1980 lediglich ein Viertel aller Zählstellen an Sonntagen einen Anteilswert kleiner 12,5 (Prozent) aufweisen, sind es im aktuellen Datenbestand nahezu drei Viertel aller Zählstellen. Dies führt im Ergebnis zu drei Typen mit minimalen Sonntagsanteilen und einer relativen Klassengröße von insgesamt ca. 70 Prozent (1980: 1 Typ, 25 Prozent). Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass sich die Grundgesamtheit der untersuchten Zählstellen seit 1980 (vorwiegend durch Erweiterung des Zählstellennetzes) verändert hat.

Einem Vergleich mit den Typen aus [HEID-82] entzieht sich der Typ E. Er resultiert aus dem veränderten Verfahren zur Typenbildung, in dem sich das Bestreben widerspiegelt, neben der reinen Distanzminimierung innerhalb einer Klasse auch den „typischen“ Kurvenverlauf des Repräsentanten jeder Klasse bei der Zuordnung zu berücksichtigen. Eine Einzelbetrachtung der diesem Typ zugeordneten Zählabschnitte ergab, dass es sich bei Mitgliedern dieser Klasse oftmals um grenznahe Zählstellen handelt.

4.2.2 Beschreibung der Kennwerte

In Tabelle 11 sind die zur Clusteranalyse verwendeten Kennwerte mittels gewisser Lage- und Streuparameter für das Bezugsjahr 1998 beschrieben. Bei auffälligen Abweichungen zwischen den Bezugsjahren ist in Tabelle 11 der entsprechende Wert für das Jahr 1997 in Klammern darunter stehend angegeben. Auffälligkeiten außerhalb der Extremwerte ergeben sich im Jahresvergleich nur für die Typen E und F. Dies hängt vorwiegend nicht, wie auf den ersten Blick vermutet werden könnte, von den kleineren Fallzahlen, sondern vielmehr von einer größeren Anzahl von Dauerzählstellen mit im Vergleich zu 1997 höheren Anteilswerten im Wochenendverkehr ab. Dies verdeutlicht Tabelle 12, in der obere Perzentilwerte (und zum Vergleich der 10-Prozent-Perzentilwert) getrennt nach Bezugsjahr für die jeweilige Grundgesamtheit angegeben sind.

Während die Verteilung der Kennwerte in der Grundgesamtheit für das 10-Prozent-Perzentil (auf zwei Stellen hinter dem Komma gerundet) im Jahresvergleich übereinstimmen, weichen die höheren Perzentile immer weiter voneinander ab. Hierbei sind die Abweichungen für den Kennwert c_{fr} im Gegensatz zu c_{sa} und c_{so} unauffällig.

Typ	Fall- zahl		Mittel- wert	Median	Stan- dard- abw.	Minimum	10%- Perzentil	30%- Perzentil	70%- Perzentil	90%- Perzentil	Maxi- mum
A	320	C_{fr}	1,06	1,05	0,04	0,95	1,01	1,03	1,07	1,11	1,26
		C_{sa}	0,71	0,72	0,09	0,28	0,63	0,69	0,75	0,79	1,00
		C_{so}	0,57	0,58	0,07	0,23	0,49	0,54	0,61	0,64	0,72
B	715	C_{fr}	1,08	1,08	0,04	0,85 (0,95)	1,03	1,06	1,10	1,14	1,22
		C_{sa}	0,81	0,80	0,06	0,62	0,74	0,77	0,84	0,88	1,06
		C_{so}	0,73	0,72	0,07	0,58	0,64	0,68	0,77	0,82	0,90
C	144	C_{fr}	1,24	1,23	0,10	1,11	1,15	1,19	1,27	1,34 (1,39)	1,65 (1,50)
		C_{sa}	0,90	0,89	0,07	0,74	0,80	0,86	0,94	1,00	1,09
		C_{so}	0,80	0,81	0,08	0,57	0,69	0,76	0,85	0,89	0,94
D	358	C_{fr}	1,16	1,14	0,10	0,89 (1,00)	1,06	1,10	1,19	1,31	1,61 (1,51)
		C_{sa}	0,93	0,93	0,08	0,73	0,83	0,88	0,98	1,03	1,15
		C_{so}	1,03	1,00	0,14	0,85	0,89	0,94	1,07	1,21	1,76 (1,44)
E	91	C_{fr}	1,27	1,26	0,16	0,89 (1,06)	1,10	1,17	1,35	1,44	2,00 (1,78)
		C_{sa}	1,18	1,13	0,17 (0,14)	0,99	1,02	1,07	1,21	1,42 (1,36)	1,85 (1,80)
		C_{so}	1,00 (0,95)	0,99 (0,93)	0,15	0,68	0,83	0,93 (0,88)	1,05 (1,00)	1,20 (1,12)	1,45 (1,25)
F	45	C_{fr}	1,14 (1,08)	1,14 (1,08)	0,09 (0,05)	0,98	1,05	1,09	1,18 (1,10)	1,27 (1,17)	1,38 (1,17)
		C_{sa}	1,22 (1,12)	1,19 (1,11)	0,13 (0,09)	1,00	1,03	1,12 (1,07)	1,32 (1,17)	1,39 (1,23)	1,46 (1,31)
		C_{so}	1,47 (1,38)	1,39	0,23 (0,17)	1,15	1,24	1,31	1,56 (1,46)	1,80 (1,61)	2,11 (1,84)

*Tabelle 11: Wochengang: Lage- und Streuungsparameter der zur Clusteranalyse verwendeten Kennwerte getrennt nach Typenzuordnung für das Bezugsjahr 1998
(in Klammer Werte für das Bezugsjahr 1997 im Falle einer auffälligen Abweichung)*

Jahr		Fall- zahl	10%- Perzentil	90%-Per- zentil	95%-Per- zentil	98%-Per- zentil	99%- Perzentil
1997	c_{fr}	1670	1,03	1,22	1,28	1,36	1,43
1998	c_{fr}	1677	1,03	1,26	1,32	1,40	1,47
Abweichung			0,00	0,04	0,04	0,04	0,04
1997	c_{sa}	1670	0,71	0,98	1,05	1,17	1,24
1998	c_{sa}	1677	0,71	1,03	1,13	1,30	1,40
Abweichung			0,00	0,05	0,08	0,13	0,16
1997	c_{so}	1607	0,58	1,03	1,14	1,27	1,36
1998	c_{so}	1677	0,58	1,08	1,22	1,39	1,66
Abweichung			0,00	0,05	0,08	0,12	0,30

Tabelle 12: Kennwerte der Wochenganglinientypisierung im Jahresvergleich

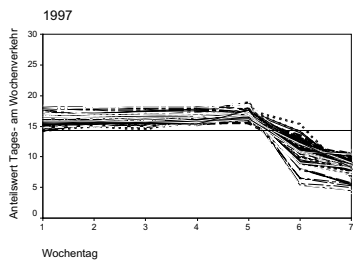
4.2.3 Darstellung aller Einzelganglinien getrennt nach Typen

In Abbildung 17 wird die richtungsgetrennte Zuordnung der Dauerzählstellen zu den Typen veranschaulicht. In der Y-Achse sind die gemäß Kap. 3.2.2 generierten Anteilswerte $ant_k(ij)$ (je Tag k und Zählstelle mit der Nummer i und in Richtung j) dargestellt.

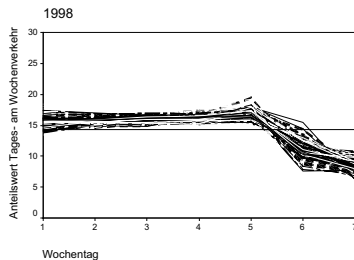
Bei der Betrachtung der untenstehenden Grafiken hinterlässt Typ E den inhomogensten Eindruck. Dies beruht auf einigen wenigen Ganglinien mit extrem hohen Anteilswerten für Freitag oder Samstag (siehe auch Tabelle 11: Für Typ E ist bei den Kennwerten c_{fr} und c_{sa} die große Differenz zwischen dem 90-Prozent-Perzentil und dem Maximum beachtlich).

Die Summe der Abstandsquadrate der Kennwerte dieser Einzelganglinien zu dem Repräsentanten dieses Typs sind allerdings wesentlich niedriger als für die vier Einzelganglinien des Bezugjahres 1998, die nach ursprünglicher Zuordnung zu Typ F der abschließenden Qualitätssicherung (Kap. 3.4.1, Schritt 9) nicht standgehalten haben. In [HEID-82] gab es für solche Ganglinien noch den Typ „Extreme Spitze für Sonntag“. In den in der vorliegenden Arbeit untersuchten Zählabschnitten treten diese damals typischen Ganglinien also nur noch vereinzelt bei hierfür günstigen Witterungsbedingungen (im NZB) auf. Aufgrund des niedrigen Besetzungsgrades innerhalb der untersuchten Bezugsjahre wurde in der vorliegenden Arbeit für diese Ganglinien deshalb kein eigener Typ mehr ausgewiesen.

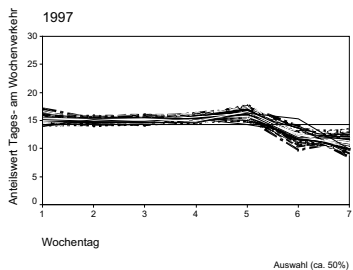
Typ A



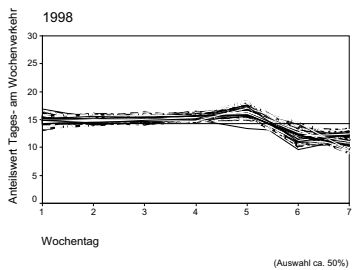
Typ A



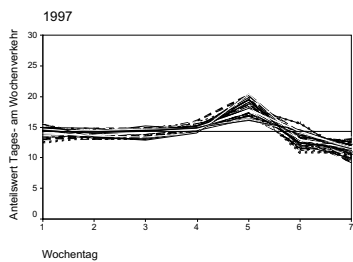
Typ B



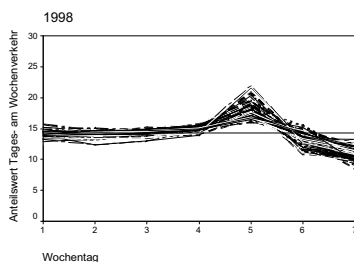
Typ B



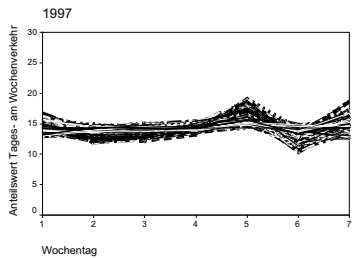
Typ C



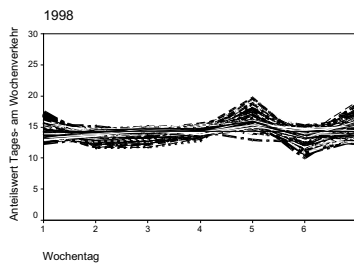
Typ C



Typ D



Typ D



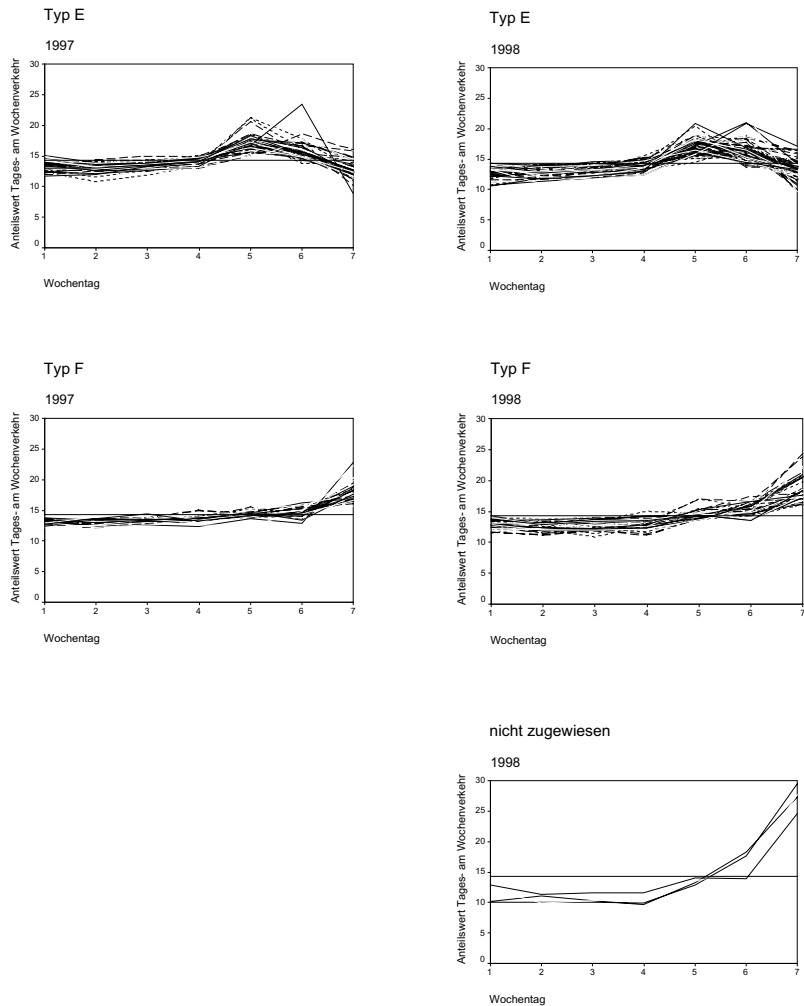


Abbildung 17: Zuordnung der Einzelganglinien (richtungsgetreunt) zu den Typen getrennt nach Bezugsjahren (Als Referenzlinie ist in jeder Grafik die gleichverteilte Wochenganglinie, d.h. $ant_k = 14,3$ für $k = 1, \dots, 7$ angegeben)

Im Jahresvergleich wird, wie schon bei den Kennwerten (Kap. 4.2.2), deutlich, dass in 1998 der Anteil von Ganglinien mit hohen Wochenendwerten gegenüber 1997 deutlich größer ist. An Samstagen und Sonntagen werden dabei in 1998 an mehreren Zählabschnitten Anteilswerte am Wochenverkehr erreicht, die auf diesem Niveau in 1997 nicht auftreten. Trotzdem erweist sich die Klassenbildung gemessen an den aufgestellten Qualitätskriterien als stabil genug, um – abgesehen von den vier Ausreißern – eine den qualitativen Verlauf und das Niveau der Ausprägungen zutreffende Typenzuordnung für alle (plausibilisierten) Zählabschnitte der beiden Jahre vorzunehmen. Diese Stabilität hat sich bei der Anwendung des aus der Typenbildung abgeleiteten Zuordnungsverfahrens auf die Werte des Bezugsjahrs 1999 bestätigt.

4.2.4 Vergleich nach Richtung/Gegenrichtung

Heidemann und Wimber haben auf Basis der damaligen Datengrundlage festgestellt, „dass im Vergleich zu den Tagesganglinien relativ häufig für beide Richtungen eines Querschnittes die gleichen Ganglinientypen vorliegen und relativ selten sehr unterschiedliche Typen miteinander kombinieren.“ Auf Grundlage dieses Ergebnisses wurde die Typenzuordnung für die Wochenganglinien bei den von der BASt betreuten Dauerzählstellen bisher querschnittsbezogen (und nicht richtungsgetrennt) vorgenommen. Im Folgenden soll untersucht werden, inwieweit diese Aussage noch Bestand hat:

In Tabelle 13 ist für jede Klasse die Verteilung der Typenzuordnung der Gegenrichtung angegeben. Die häufigsten Kombinationen sind hervorgehoben. Es zeigt sich, dass besonders die vom erwerbsbedingten Verkehr dominierten Abschnitte (Typ A und Typ B) auch in der Gegenrichtung dem gleichen Typ zugeordnet werden. Diese Aussage ist für die anderen vier Typen nicht in gleichem Maße zutreffend. Für Typ C korrespondieren sogar nur 10 Prozent der Mitglieder dieser Klasse mit dem gleichen Typ in der Gegenrichtung.

	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E	Typ F
Fallzahl	306	687	141	348	84	43
Typ A	82	8	0	0	0	0
Typ B	18	84	24	6	0	0
Typ C	0	5	10	26	1	0
Typ D	0	3	65	57	42	9
Typ E	0	0	1	10	33	44
Typ F	0	0	0	1	23	47
nicht zugewiesen	0	0	0	0	1	0
Summe	100	100	100	100	100	100

*Tabelle 13: Wochengang: Verteilung der Typenzuordnung für die Gegenrichtung
in Prozent zur jeweiligen Klassengröße, Bezugsjahr 1998, alle Straßenklassen*

Der hohe Anteil der Typenübereinstimmung im Richtungsvergleich (zwei Drittel der Querschnitte) beruht also auf dem hohen Anteil von erwerbsbedingtem Verkehr geprägter Abschnitte in der untersuchten Grundgesamtheit. Für die Mehrzahl der Typen (C-F) ist eine querschnittsbezogene statt einer richtungsgetrennten Zuordnung auf Basis der vorliegenden Klassenbildung nicht zielführend.

4.2.5 Vergleich nach Straßenklassen

Bei einem Vergleich der Typenverteilung nach Straßenklassen (Tabelle 14) ergibt sich, dass Typen, die einen prägenden Verkehrsanteil an Wochenendpendlern vermuten lassen (Typ C und D), in der Straßenklasse „Autobahn“ zu Lasten des Besetzungsgrades des Typ B (werktäglicher erwerbsbedingter Verkehr) überproportional vertreten sind. Dies entspricht der überregionalen Funktion des Autobahnnetzes.

Eine weitergehende Ableitung von Aussagen zu Unterschieden in der Typenverteilung je Straßenklasse kann angesichts der ansonsten geringen Differenzen zwischen den Besetzungsgraden nicht vorgenommen werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Fallzahl bei den Kreis- und Gemeindestraßen für verallgemeinernde Aussagen zu gering und die Repräsentativität der Verteilung der Zählstellen im Netz der jeweiligen Straßenklasse bzgl. der hier angestrebten Aussagen nicht gegeben ist.

	Fall- zahl	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E	Typ F	Ge- samt
Autobahnen	568	19	32	12	30	5	2	100
Bundes- straßen	774	18	50	7	16	6	3	100
Landes- bzw. Staatstraßen	253	20	44	8	18	5	5	100
Kreis- und Ge- meindestraßen	29	62	31	0	0	0	7	100
Grund- gesamtheit	1624	19	43	9	21	5	3	100

Tabelle 14: Wochengang: Typenverteilung nach Straßenklassen in Prozent (Bezugsjahr 1998)

4.2.6 Vergleich nach Bundesländern

Der Tabelle 15 ist die relative Häufigkeitsverteilung der Typenzuordnung für das Bezugsjahr 1998 getrennt nach Bundesländern zu entnehmen. Die prozentualen Anteile der Typverteilung je Bundesland sind entsprechend ihrer standardisierten Residuen³³ gekennzeichnet. Ist das entsprechende standardisierte Residuum größer 1,5 (d.h. einem bzgl. der Fallzahl signifikant überdurchschnittlichen Häufigkeitswert), so ist der Prozentwert für das Bezugsjahr 1998 **fett** dargestellt. Für Werte kleiner -1,5, d.h. einem bzgl. der Fallzahl signifikant unterdurchschnittlichen Häufigkeitswert, ist der Prozentwert *kursiv* dargestellt. Im Unterschied zur Erstanwendung im Bezugsjahr 2000 gingen in die Zuordnung für das Bezugsjahr 1998 nur Zählabschnitte ein, die der Typenbildung dienten.

Eine Aufteilung nach Bundesländern ist eine großräumige regionale Differenzierung. Aussagen darüber, ob die nach mathematischen Kriterien abgeleiteten Typen mit den raumstrukturellen Funktionen der den Typen zugeordneten Straßenabschnitten korrespondieren, sind angesichts der insbesondere in Flächenländern unterschiedlichen raumstrukturellen Funktionstypen nur schwer abzuleiten. Es kommt hinzu, dass die Straßenabschnitte je Bundesland weder repräsentativ (nach raumstrukturellen Gesichtspunkten) noch rein zufällig ausgewählt wurden: Das der Typisierung zugrunde liegende Dauerzählstellennetz ist historisch gewachsen. Auf Basis der Daten der Jahre 1995 im Vergleich mit den Zählergebnissen der Manuellen Straßenverkehrszählung (SVZ) 1995 wurde von Kühnen [KÜHN-98] nachgewiesen, dass die Verkehrsstruktur im Bundesfernstraßennetz (Autobahnen und Bundesstraßen) nicht repräsentativ abgebildet wird. Insbesondere wurden Abschnitte mit geringem DTV oder geringem GV-Anteil im Bezugsjahr 1995 nicht hinreichend erfasst. Bzgl. des Sonn- und Freitagsfaktors wurden sowohl Abschnitte mit geringen als auch mit hohen Faktoren selten erfasst. Für das bundeseigene Zählstellennetz wurden im Vorfeld der SVZ 2000 Anstrengungen hinsichtlich einer ausgewogeneren Verteilung der Zählstellen im Netz unternommen. Dies führte im Betrachtungszeitraum (1996-2000) zumindest in einzelnen Bundesländern zu teilweise erheblichen Veränderungen des Zählstellennetzes. Daneben treten gewisse in ihrer Ursache vielleicht zufällige in ihrer Wirkung aber zu systematischen Schiefen führende Datenausfälle auf.

Hierzu Anmerkungen zu drei Bundesländern: Das Zählstellennetz in Sachsen-Anhalt war im Bezugsjahr 1998 überproportional von Gerätedefekten betroffen. Für dieses Jahr lagen in diesem Bundesland keine Zählwerte an Autobahnen vor. Wegen Softwareproblemen konnte für das Bezugsjahr 2000 in Hessen nur eine geringe Zahl von Zählwerten auf Autobahnen ausgewertet werden. Für beide Bundesländer ergaben sich signifikante Abweichungen in der Typenverteilung zwischen den beiden Bezugsjahren. Eine Ausweitung des Zählstellennetzes in Rheinland-Pfalz um ca. 30 Prozent führte dagegen kaum zu Änderungen in der Typenverteilung.

Weiterhin wirken zufällige Ereignisse wie z.B. Witterung auf die Typenverteilung und hier besonders auf die Anteile des Typs F (siehe auch Kap. 4.2.2 und 4.2.3).

³³ Residuen sind ein Maß dafür, wie stark beobachtete und erwartete Häufigkeiten voneinander abweichen. Mit dem Residuum wird je Wertepaar der Kreuztabelle die Differenz zwischen beobachteter und erwarteter Häufigkeit bezeichnet. Zur Standardisierung wird dieser Wert durch die Wurzel der erwarteten Häufigkeit geteilt. (siehe z.B. [Bühl-96])

Land		Fallzahl	nicht zu. 4 (14)	Typ A 314 (605)	Typ B 696 (981)	Typ C 138 (188)	Typ D 346 (424)	Typ E 87 (92)	Typ F 43 (46)	Gesamt 1628 (2350)
1 (SH)	1998 (2000)	78 (112) +/- + 44 %	0 (2) + 2	14 (22) + 8	21 (29) + 8	9 (11) + 2	23 (18) - 5	22 (14) - 8	11 (4) - 7	100 100
2 (HH)	1998 (2000)	45 (52) +/- + 16 %	0 (0) 0	65 (61) - 4	31 (35) + 4	0 (2) + 2	4 (2) - 2	0 (0) 0	0 (0) 0	100 100
3 (NI)	1998 (2000)	102 (122) +/- + 20 %	0 (0) 0	9 (15) + 6	50 (56) + 6	7 (4) - 3	30 (19) - 11	2 (4) + 2	2 (2) 0	100 100
4 (HB)	1998 (2000)	6 (10) +/- + 67 %	0 (0) 0	50 (60) + 10	50 (40) - 10	0 (0) 0	0 (0) 0	0 (0) 0	0 (0) 0	100 100
5 (NW)	1998 (2000)	395 (524) +/- + 33 %	1 (1) 0	26 (30) + 4	44 (48) + 4	5 (4) - 1	18 (13) - 5	3 (2) - 1	3 (2) - 1	100 100
6 (HE)	1998 (2000)	115 (112) +/- - 3 %	0 (0) 0	25 (32) + 7	43 (38) - 5	4 (12) + 8	26 (18) - 8	2 (0) - 2	0 (0) 0	100 100
7 (RP)	1998 (2000)	99 (224) +/- + 126 %	0 (0) 0	16 (18) + 2	53 (52) - 1	6 (4) - 2	19 (22) + 3	2 (1) - 1	4 (3) - 1	100 100
8 (BW)	1998 (2000)	177 (208) +/- + 18 %	0 (0) 0	14 (22) + 8	45 (46) + 1	8 (5) - 3	27 (25) - 2	3 (1) - 2	3 (1) - 2	100 100
9 (BY)	1998 (2000)	219 (342) +/- + 56 %	0 (2) + 2	11 (17) + 6	38 (29) - 9	13 (13) 0	27 (26) - 1	9 (10) + 1	2 (3) + 1	100 100
10 (SL)	1998 (2000)	44 (56) +/- + 27 %	0 (0) 0	43 (52) + 9	32 (27) - 5	2 (5) + 3	21 (14) - 7	2 (2) 0	0 (0) 0	100 100
11 (BE)	1998 (2000)	4 (28) +/- + 600 %	0 (0) 0	0 (25) + 25	100 (68) - 32	0 (3) + 3	0 (4) + 4	0 (0) 0	0 (0) 0	100 100
12 (BB)	1998 (2000)	66 (136) +/- + 106 %	1 (0) - 1	20 (25) + 5	35 (34) - 1	10 (12) + 2	20 (21) + 1	14 (7) - 7	0 (1) + 1	100 100
13 (MV)	1998 (2000)	86 (116) +/- + 35 %	0 (0) 0	1 (16) + 15	40 (41) + 1	26 (16) - 10	24 (24) 0	6 (3) - 3	3 (0) - 3	100 100
14 (SN)	1998 (2000)	63 (104) +/- + 65 %	0 (0) 0	13 (19) + 6	44 (43) - 1	6 (9) + 3	18 (14) - 4	13 (7) - 6	6 (8) + 2	100 100
15 (ST)	1998 (2000)	58 (110) +/- + 90 %	0 (0) 0	26 (46) + 20	55 (40) - 15	10 (6) - 4	5 (8) + 3	4 (0) - 4	0 (0) 0	100 100
16 (TH)	1998 (2000)	71 (94) +/- + 32 %	0 (0) 0	14 (28) + 14	52 (42) - 10	16 (17) + 1	18 (13) - 5	0 (0) 0	0 (0) 0	100 100
Gesamt	1998 (2000)	1628 (2350) +/- + 44 %	0 (1) + 1	19 (26) + 7	43 (41) - 2	9 (8) - 1	21 (18) - 3	5 (4) - 1	3 (2) - 1	100 100 100

Tabelle 15. Wochengang: Typenverteilung nach Bundesländern in Prozent
(Bezugsjahr 1998, in Klammern Bezugsjahr 2000)

Nicht zuletzt können verkehrsstrukturelle Änderungen die Verteilung im Vergleich der Bezugsjahre verändern. Diese eigentlich im Fokus der Betrachtung stehenden Änderungen sind allerdings von anderen Einflussgrößen schwierig abzugrenzen.

Eine differenzierte zeitliche Beschreibung von Verkehrszuständen mit Hilfe typisierter Ganglinien setzt eine Kontinuität des untersuchten Kollektivs voraus. Eine differenzierte räumliche Beschreibung von Verkehrszuständen mit Hilfe typisierter Ganglinien setzt eine Repräsentativität des untersuchten Kollektivs voraus. Weder Kontinuität noch Repräsentativität ist für die in der vorliegenden Arbeit zugrunde liegenden Bezugsjahre gegeben. Die Aussagekraft der im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten zeitlichen, räumlichen und funktionalen Beschreibungen ist deshalb begrenzt. Dies gilt insbesondere auch für die in Tabelle 15 dargestellten Ergebnisse. Auffällig ist jedenfalls, dass innerhalb von Stadtstaaten fast ausschließlich die Typen A und B auftreten, und dass Typ E in Bundesländern ohne Grenzen zu Nachbarstaaten keine nennenswerten Anteile erreicht.

4.3 Tagesganglinien

4.3.1 Darstellung und zusammenfassende Beschreibung der Typen

4.3.1.1 *Montag, Dienstag bis Donnerstag, Freitag*

Die in Abbildung 18 veranschaulichten Typen lassen sich im Kurvenverlauf wie folgt beschreiben:

Typ A: Stark ausgeprägte Morgenspitze

Typ B: Morgenspitze, geringe Nachmittagsspitze

Typ C: Tagsüber relativ ausgeglichene Verkehrsverteilung

Typ D: Doppelspitze (morgens/nachmittags)

Typ E: Nachmittagsspitze, geringe Morgenspitze

Typ F: Stark ausgeprägte Nachmittagsspitze

Typ G: Überdurchschnittliche Anteilswerte frühmorgens, nach Morgenspitze stetig fallend (nur Tagesgruppe Montag)

Die Typen A und B weisen auf von erwerbsbedingten Verkehr geprägte Zählabschnitte hin. Sie korrespondieren in der Gegenrichtung regelmäßig mit den Typen E und F.

Der Typ C ist fast ausschließlich auf Autobahnabschnitten anzutreffen. Es ist zu vermuten, dass insbesondere hochbelastete Streckenabschnitte diesem Typ angehören. Dagegen ist Typ D überproportional im nachrangigen Netz anzutreffen.

Zu einer Verkehrsverteilung des Typs E, können mehr noch als bei den anderen Typen, insbesondere an Freitagen unterschiedliche Einflussfaktoren führen. Neben Tagespendlern sind hier Wochenendpendler oder Ausflügler zu nennen.

Typ F weist auf von erwerbsbedingtem Verkehr geprägte Abschnitte hin. Er korrespondiert in Gegenrichtung regelmäßig mit den Typen A und B. Dieser Typ tritt wesentlich häufiger im nachrangigen Netz auf.

Die Typen der Tagesgruppen Montag und Dienstag bis Donnerstag sind mit Ausnahme von Typ G nahezu identisch. Typ G deutet auf vom Wochenendpendlerverkehr geprägte Abschnitte hin.

Für das Bezugsjahr 2000 wurden je Tagesgruppe die Zählstellen richtungsgetrent den einzelnen Typen zugeordnet. Dabei ergab sich folgende relative Häufigkeitsverteilung:

Tagesgruppe (Fallzahl)	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E	Typ F	Typ G	nicht zugew.	Summe
Montag (2350)	9	14	13	22	21	12	8	1	100
Di-Do (2350)	8	15	15	24	25	12	-	1	100
Freitag (2350)	9	16	13	19	31	11	-	1	100

Tabelle 16: Tagesgruppen Montag, Dienstag bis Donnerstag, Freitag: Relative Häufigkeitsverteilung der Typenzuordnung (Bezugsjahr 2000)

Im Vergleich zu der Tagesgruppe Dienstag bis Donnerstag erlangen montags die morgendlichen Anteilswerte und freitags die nachmittäglichen Anteilswerte mehr Gewicht. Dies wird zum einen am Besetzungsgrad der entsprechenden Klassen deutlich (siehe Tabelle 16). Zum anderen aber auch an den Anteilswerten der einzelnen Typen: Freitags verteilt sich der Verkehr nachmittags für alle Typen wesentlich ausgeglichener als für die anderen Tagesgruppen. Die Typen mit Morgenspitze (A, B) erreichen freitags nicht so hohe Anteilswerte.

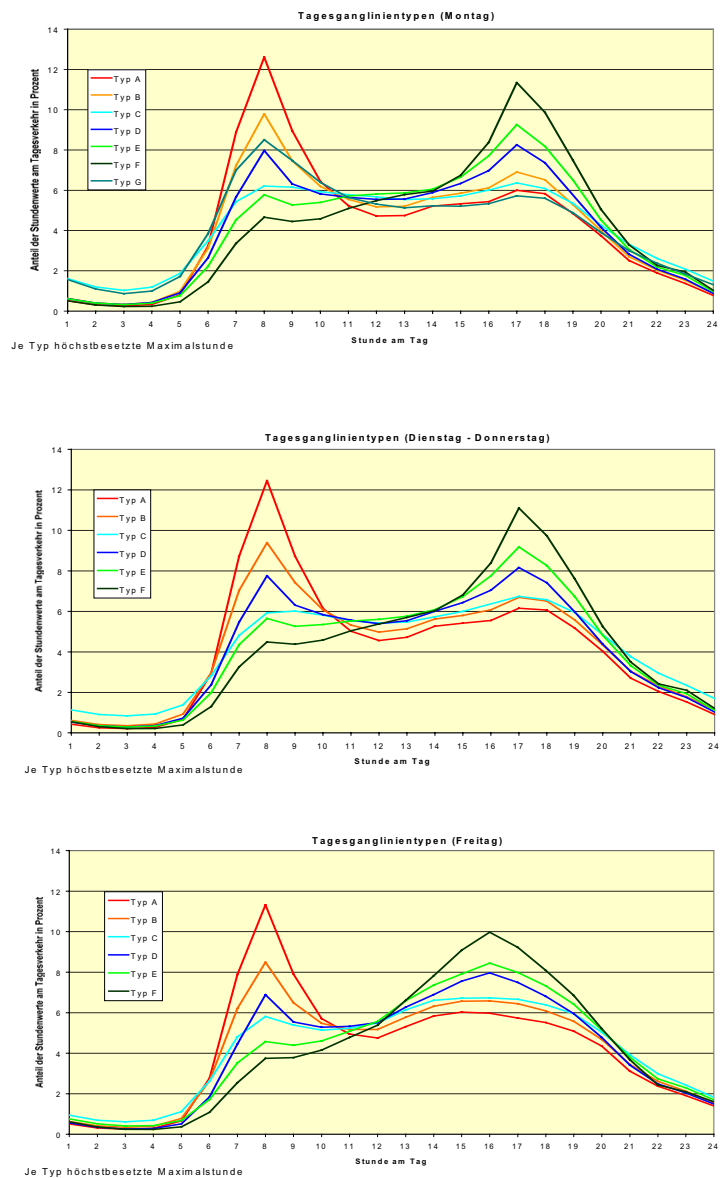


Abbildung 18: Tagesganglinientypen (Tagesgruppen Montag, Dienstag bis Donnerstag, Freitag)

4.3.1.2 Samstag

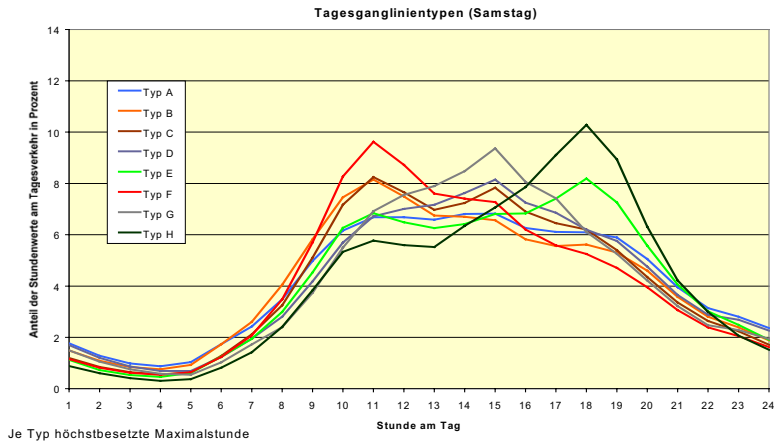


Abbildung 19: Tagesganglinientypen (Tagesgruppen Samstag)

Die in Abbildung 19 veranschaulichten Typen lassen sich für die Tagesgruppe Samstag wie folgt beschreiben:

- Typ A: Tagsüber relativ ausgeglichene Verkehrsverteilung
- Typ B: Nach Vormittagsspitze stetig abfallend
- Typ C: Doppelspitze (Vormittags/Nachmittags)
- Typ D: Breite Nachmittagsspitze
- Typ E: Abendspitze
- Typ F: Nach ausgeprägter Vormittagsspitze stetig abfallend
- Typ G: Stetig ansteigend zu ausgeprägter Nachmittagsspitze, danach stetig abfallend
- Typ H: Stark ausgeprägte Abendspitze

Typ A tritt vornehmlich an BAB-Abschnitten auf. Zählabschnitte von diesem Typ zeichnen sich im Wochenverlauf regelmäßig durch - im Vergleich zu den restlichen Werktagen - niedrige samstäglich Anteilswerte aus.

Typ B verteilt sich relativ gleichmäßig auf alle Straßenklassen. Im nachrangigen Netz werden Abschnitte dieses Typs zu ca. 80 Prozent den Wochenganglinientypen A und B zugeordnet. Im BAB-Netz werden Abschnitte dieses Typs zu zwei Dritteln den Wochenganglinientypen C und D und daneben überdurchschnittlich oft auch Typ E zugeordnet.

Typ C tritt vornehmlich an Bundesstraßen auf. Dort korrespondieren Abschnitte dieses Typs im Wochengang überdurchschnittlich häufig mit den Typen B und D.

Zählabschnitte des Typs D korrespondieren zu über 75 Prozent mit den Wochenganglinientypen A und B.

Im nachrangigen Netz werden Zählabschnitte des Typs E im Wochengang ausschließlich den Typen B, D und F zugeordnet. Die Typen D und F weisen hierbei im Vergleich zur Grundgesamtheit überdurchschnittliche Anteile auf.

Dem Typ F werden vornehmlich Bundesstraßen zugewiesen. Bei der Zuweisung zu den Wochenganglinientypen ergeben sich im Vergleich zur Grundgesamtheit (4 Prozent) überproportionale Anteile (17 Prozent) für den Typ E.

Dem Typ G werden kaum BAB-Abschnitte zugewiesen. Im nachrangigen Netz ergeben sich bei der Typenkombination zu den Wochenganglinien keine Auffälligkeiten.

Dem Typ H werden grundsätzlich sehr wenige Zählabschnitte zugewiesen. Ein Zusammenlegen der Typen G oder H hätte allerdings zu (nicht vertretbaren) Inhomogenitäten geführt. Für eine Nicht-Ausweisung war die Fallzahl in den Bezugsjahren 1997 und 1998 zu hoch. Zählabschnitte dieses Typs werden im Wochengang regelmäßig den Zählabschnitten D und F zugeordnet. Der Zusammenhang zum Wochenganglinientyp F ist hierbei besonders ausgeprägt.

Für das Bezugsjahr 2000 wurden je Tagesgruppe die Zählstellen richtungsgetrent den einzelnen Typen zugeordnet. Dabei ergab sich folgende relative Häufigkeitsverteilung:

Tagesgruppe (Fallzahl)	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E	Typ F	Typ G	Typ H	nicht zugw.	Summe
Sams- tag (2350)	19	18	12	20	3	14	11	1	2	100

Tabelle 17: Tagesgruppe Samstag: Relative Häufigkeitsverteilung der Typenzuordnung in Prozent (Bezugsjahr 2000)

Die Ganglinientypen der Tagesgruppe Samstag unterscheiden sich deutlich von den bisher besprochenen. Samstags wurden drei (statt zwei) Zeitbereiche identifiziert, in denen extrem hohe Anteilswerte realisiert werden. In Tabelle 18 ist für die Zählabschnitte (richtungsgetrent) mit deutlichen Spitzenbelastungen (maximaler Anteilswert größer 9) die relative Häufigkeitsverteilung hinsichtlich der Maximalstunde angegeben.

08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00	14.00-15.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	18.00-19.00	19.00-20.00	Summe
1	8	30	20	7	6	16	2	3	6	1	0	100

Fallzahl: 351

Tabelle 18: Tagesgruppe Samstag, Zählstellen mit maximalen stündlichen Anteilswerten am Tagesverkehr größer 9: Relative Häufigkeitsverteilung nach Maximalstunde in Prozent (Bezugsjahr 1998)

Es sind klar drei Häufungsschwerpunkte erkennbar: Spätvormittags (10.00 – 12.00 Uhr), nachmittags (14.00-15.00) und abends (17.00-18.00). In Tabelle 19 wird anhand des 90-Prozent-Perzentils des maximalen stündlichen Anteilswertes (d.h. 10 Prozent der Grundgesamtheit weisen einen mindestens gleich hohen Maximalwert auf) gezeigt, dass die Spitzen hierbei nicht so ausgeprägt sind wie bei den anderen werktäglichen Tagesgruppen. Während der relativ niedrige Wert freitags auf die dort breiteren Nachmittagsspitzen (und den hohen Besetzungsgraden der diesbezüglichen Klassen) zurückzuführen ist, verteilt sich der Verkehr an Samstagen grundsätzlich gleichmäßiger auf die für diese Tagesgruppe relevanten Stunden (8.00-20.00 Uhr).

Maximaler Anteilswert	Montag	Di-Do	Freitag	Samstag	Sonntag
90%-Perzentil	11,68	11,41	10,20	9,47	10,61

Tabelle 19: 90-Prozent-Perzentil des maximalen stündlichen Anteilswertes im Tagesgruppenvergleich (Bezugsjahr 1998)

4.3.1.3 Sonntag

Für die Tagesgruppe Sonntag konnten, aufgrund auch innerhalb des Normalzeitbereiches stark variierender Einflussgrößen (Witterung), nur besonders auffällige Unterscheidungen modelliert werden. Die in Abbildung 20 veranschaulichten Typen lassen sich für diese Tagesgruppe wie folgt beschreiben:

Typ A: Tagsüber relativ ausgeglichene Verkehrsverteilung

Typ B: Mittagsspitze

Typ C: Nachmittagsspitze

Typ D: Abendspitze

Typ E: Ausgeprägte Mittagsspitze

Typ F: Ausgeprägte Nachmittagsspitze

Typ G: Ausgeprägte Abendspitze

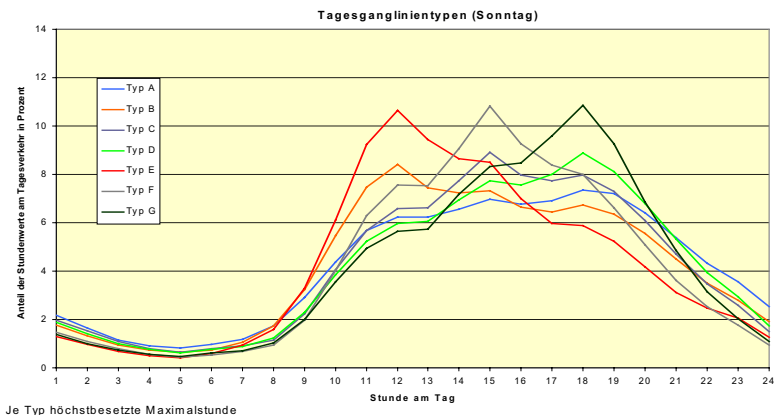


Abbildung 20: Tagesganglinientypen (Tagesgruppe Sonntag)

Für das Bezugsjahr 2000 wurden je Tagesgruppe die Zählstellen richtungsgetrent den einzelnen Typen zugeordnet. Dabei ergab sich folgende relative Häufigkeitsverteilung:

Tages- gruppe	Fallzahl								nicht zugw.	Summe
		Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E	Typ F	Typ G		
Sonntag	2350	10	4	22	35	2	10	16	1	100
	(1622)	(25)	(7)	(16)	(34)	(4)	(4)	(10)	(0)	100

Tabelle 20: Tagesgruppe Sonntag: Relative Häufigkeitsverteilung der Typenzuordnung in Prozent, Bezugsjahr 2000 (in Klammern Werte für das Bezugsjahr 1998)

Im Vergleich zu samstags sind die Typen mit Abendspitzen sonntags deutlich stärker besetzt. Dies verdeutlicht auch die relative Häufigkeitsverteilung nach Maximalstunde für die Gesamtheit der Zählabschnitte mit deutlichen Spitzenbelastungen (maximaler Anteilswert größer 9) (Tabelle 21).

08.00- 09.00	09.00- 10.00	10.00- 11.00	11.00- 12.00	12.00- 13.00	13.00- 14.00	14.00- 15.00	15.00- 16.00	16.00- 17.00	17.00- 18.00	18.00- 19.00	19.00- 20.00	Summe
0	0	3	7	1	3	18	3	7	45	12	1	100

Fallzahl: 598

Tabelle 21: Tagesgruppe Sonntag, Zählstellen mit maximalen stündlichen Anteilswerten am Tagesverkehr größer 9: Relative Häufigkeitsverteilung nach Maximalstunde in Prozent (Bezugsjahr 1998)

Im Vergleich zu den samstäglichen Anteilswerten wird sowohl in der Masse der Zählabschnitte (höhere Fallzahl in Tabelle 21 im Vergleich zu Tabelle 18) als auch in der Ausprägung (vgl. Tabelle 19) ein höheres Niveau erreicht. Aus Tabelle 21 können wiederum drei relevante Zeitbereiche abgeleitet werden, wobei die spätmittägliche Spitze einen anderen zeitlichen Schwerpunkt im Vergleich zur Tagesgruppe Samstag aufweist.

Ein Vergleich zwischen den Bezugsjahren in Tabelle 20 ergibt stark schwankende Besetzungsgrade in den einzelnen Klassen. Die Zuweisung in dieser Tagesgruppe hängt über die Jahre nicht allein von verkehrsstrukturellen Entwicklungen, sondern in starkem Maße auch von zufälligen Einflussgrößen ab. Um verkehrs- und raumstrukturelle Zusammenhänge identifizieren zu können, ist besonders für diese Tagesgruppe eine langjährige Beobachtung erforderlich.

4.3.1.4 Darstellung getrennt nach Maximalstunden (Tagesgruppe Montag)

Um die Unterschiede der Typenbildung (also der Generierung eines Repräsentanten je Klasse) im Vergleich zu den Wochenganglinien zu verdeutlichen, sind in die Zwischenergebnisse des Schrittes 10d. in Kapitel 3.4.3, d.h. die durchschnittlichen Ganglinienvläufe je Typ und Maximalstunde für die Tagesgruppe Montag und das Bezugsjahr 1998 abgebildet.

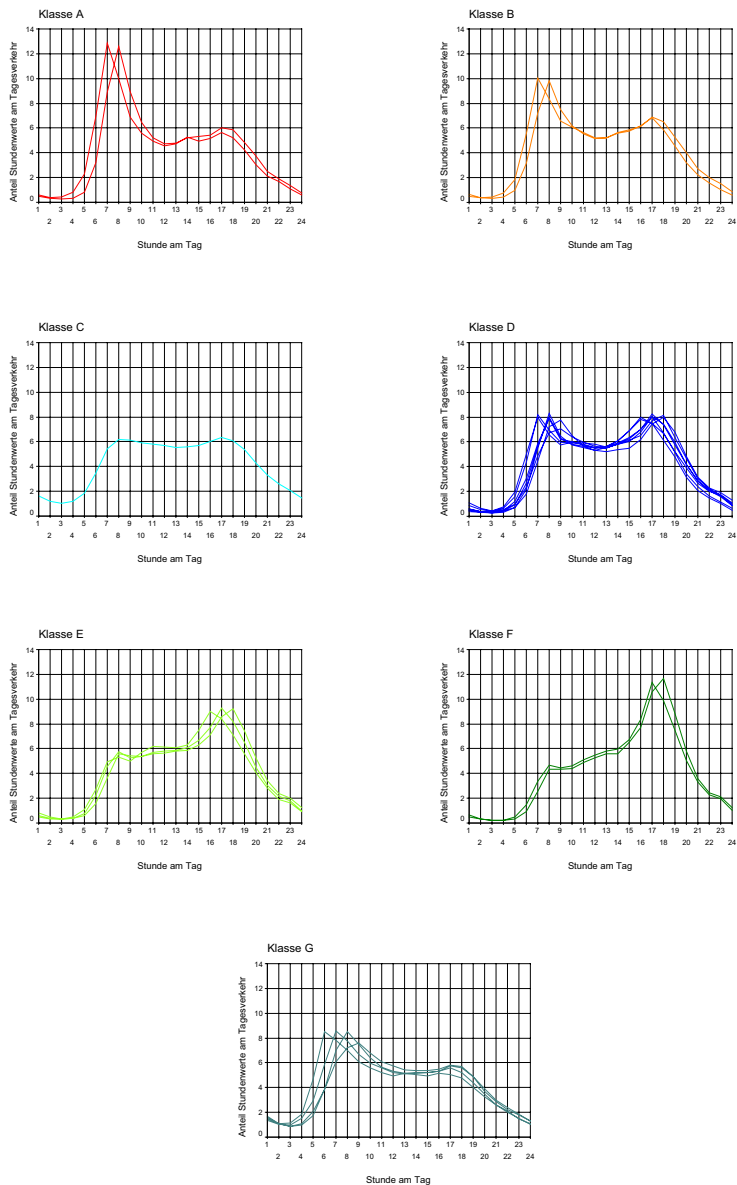


Abbildung 21: Tagesgruppe Montag: Durchschnittliche Ganglinienverläufe je Typ und Maximalstunde (Bezugsjahr 1998, Fallzahl > 8)

4.3.2 Beschreibung der Kennwerte (Tagesgruppe Montag)

Typ	Fall- zahl		Mittel- wert	Median	Standard- abw.	Mini- mum	10%- Perzentil	30%- Perzentil	70%- Perzentil	90%- Perzentil	Maxi- mum
A	138	<i>maxvorm</i>	12,63	12,40	1,40 (1,63)	10,55	10,99	11,68	13,19	14,83 (15,66)	17,31 (17,82)
		<i>vomean3</i>	10,05	9,84	1,00	8,41	8,91	9,47	10,43	11,53 (12,03)	13,20
		<i>maxnam</i>	6,03	6,04	0,75	4,46	5,04	5,63	6,34	7,10	8,10 (9,25)
		<i>namean</i>	5,64	5,64	0,63	4,17	4,76	5,25	5,93	6,44	7,28
B	234	<i>maxvorm</i>	9,82	9,80	0,85	7,69	8,71	9,34	10,27	10,97	12,06
		<i>vomean3</i>	8,08	8,00	0,58	6,73	7,40	7,67	8,44	8,89	9,65
		<i>maxnam</i>	6,97	6,94	0,59	5,29	6,23	6,68	7,24	7,25 (7,86)	8,60 (9,55)
		<i>namean</i>	6,45	6,47	0,47	5,00	5,85	6,23	6,69	7,11	7,62
C	211	<i>maxvorm</i>	6,66	6,62	0,68	3,30 (4,53)	5,68	6,25	6,97	7,37	7,80
		<i>vomean3</i>	5,81	5,95	0,73	3,06 (3,57)	4,85	5,54	6,23	6,59	6,94
		<i>maxnam</i>	6,45	6,49	0,68	4,60	5,50	6,05	6,87	7,34	7,79
		<i>namean</i>	6,11	6,19	0,59	4,21	5,30	5,81	6,47	6,83	7,43
D	359	<i>maxvorm</i>	8,01	7,99	0,89	6,08	6,92	7,46	8,44	9,13	11,98
		<i>vomean3</i>	6,58	6,58	0,63	4,71	5,86	6,24	6,90	7,38	8,65
		<i>maxnam</i>	8,16	8,09	0,67	6,02	7,40	7,80	8,47	8,98	11,14
		<i>namean</i>	7,41	7,41	0,46	5,78	6,81	7,18	7,65	7,97	8,66
E	636	<i>maxvorm</i>	6,09	6,04	0,81	4,35 (2,71)	5,01	5,65	6,47	7,18	9,08
		<i>vomean3</i>	5,01	5,08	0,74	1,40	4,04	4,69	5,46	5,84	6,94
		<i>maxnam</i>	9,25	9,26	0,69	7,68	8,28	8,88	9,65	10,19	11,50 (10,94)
		<i>namean</i>	8,36	8,38	0,46	7,15	7,74	8,12	8,65	8,94	9,45
F	203	<i>maxvorm</i>	5,12	5,00	0,94	2,95	4,07	4,60	5,51	6,47	8,59 (7,88)
		<i>vomean3</i>	4,00	4,04	0,89	1,78	2,83	3,63	4,45	5,18	6,48
		<i>maxnam</i>	11,36	11,11	1,04	9,67	10,35	10,68	11,58	12,85	16,35 (14,89)
		<i>namean</i>	9,87	9,70	0,70	8,78	9,16	9,38	10,10	10,84	12,36
G	113	<i>maxvorm</i>	8,48	8,26	0,88	6,78	7,45	7,93	8,93	9,92	10,48
		<i>vomean3</i>	7,53	7,28	0,76	6,16	6,76	7,06	7,93	8,64	9,95
		<i>maxnam</i>	5,72	5,74	0,59	4,29	4,94	5,40	6,05	6,54	6,85
		<i>namean</i>	5,46	5,47	0,51	4,20	4,75	5,21	5,77	6,10	6,51

*Tabelle 22: Tagesgruppe Montag: Lage- und Streuungsparameter der zur Clusteranalyse verwendeten Kennwerte getrennt nach Typenzuordnung für das Bezugsjahr 1998
(in Klammer: Werte für das Bezugsjahr 1997 im Falle einer auffälligen Abweichung)*

In Tabelle 22 sind exemplarisch für die Tagesgruppe Montag die zur Clusteranalyse verwendeten Kennwerte mittels ausgewählter Lage- und Streuparameter für das Bezugsjahr 1998 beschrieben. Zur besseren Interpretierbarkeit beziehen sich die Parameter auf die nicht standardisierten Kennwerte. (Die Definition der Kennwerte ist dem Anhang zu entnehmen.) Auffällige Abweichungen zwischen den Bezugsjahren treten vornehmlich bei den Minimal- und Maximalwerten auf.

4.3.3 Vergleich Richtung/Gegenrichtung

Für die Tagesgruppe Montag ist festzustellen, dass Abschnitte mit einer Morgenspitze in der einen Richtung in der Gegenrichtung tendenziell eine Nachmittagsspitze aufweisen. Umgekehrt tritt dieser Zusammenhang nur für Abschnitte mit einer ausgeprägten Nachmittagsspitze (Typ F) in ähnlicher Deutlichkeit auf. Diese Aussagen gelten entsprechend für die Tagesgruppen Dienstag bis Donnerstag und Freitag, wobei sich für den Typ E der Tagesgruppe Freitag der Zusammenhang zu dem Typ A oder B in der Gegenrichtung noch weiter abschwächt (nur noch für 28 Prozent der Abschnitte mit Typ E in der einen Richtung wird die Gegenrichtung dem Typ A oder dem Typ B zugeordnet). Auf eine gesonderte Darstellung für diese Tagesgruppen wurde deshalb verzichtet.

Richtung	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E	Typ F	Typ G
Gegenrichtung							
Typ A	0	0	0	1	6	54	0
Typ B	0	0	2	12	35	29	0
Typ C	0	1	57	4	6	0	44
Typ D	2	19	8	42	29	10	21
Typ E	17	55	10	29	13	4	30
Typ F	81	25	0	6	2	1	3
Typ G	0	0	23	6	9	2	2
Summe	100	100	100	100	100	100	100
Fallzahl	138	234	211	359	363	203	113

Tabelle 23: Tagesgruppe Montag: Verteilung der Typenzuordnung für die Gegenrichtung in Prozent zur jeweiligen Klassengröße, Bezugsjahr 1998

Weiterhin ist festzuhalten, dass sich die Häufigkeitsverteilung im Vergleich Richtung-Gegenrichtung für den Typ G deutlich von den ähnlichen Typen B und C unterscheidet. Die Ergebnisse einer tagesgruppenübergreifenden Auswertung sind in Tabelle 24 dargestellt. Zu 80 Prozent sind die Abschnitte dieses Montagstyps G in der Gegenrichtung Freitagstypen zugeordnet, die am Nachmittag ihren Maximalwert annehmen (Typ E und F).

Gegenrichtung	Freitag	Freitag	Freitag	Freitag	Freitag	Freitag	Freitag	Summe
Richtung	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E	Typ F	Typ G	
Montag Typ G	0	0	18	1	71	10	2	100

Tabelle 24: Tagesgruppe Montag, Typ G: Verteilung der Typenzuordnung der Tagesgruppe Freitag für die Gegenrichtung in Prozent der Klassengröße, Bezugsjahr 1998

4.3.4 Vergleich nach Straßen- und DTV-Klassen

	Fall- zahl	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E	Typ F	Typ G	Ge- samt
Autobahnen	567	6	12	29	17	13	6	17	100
Bundes- straßen	772	9	16	5	26	28	14	2	100
Landes- bzw. Staatstraßen	253	12	16	0	23	28	21	0	100
Grund- gesamtheit	1624	9	14	13	22	22	13	7	100

Tabelle 25: Tagesgruppe Montag: Typenverteilung nach Straßenklassen in Prozent, Bezugsjahr 1998

Der Typenvergleich nach Straßenklassen stellt sich für die Tagesgruppen Montag, Dienstag bis Donnerstag und Freitag ähnlich dar. Exemplarisch ist die relative Häufigkeitsverteilung für die Tagesgruppe Montag in Tabelle 25 wiedergegeben. Überproportionale Werte sind hierbei **fett**, unterdurchschnittliche Werte *kursiv* gedruckt. Klar ersichtlich verteilt sich auf höherrangigen Streckenabschnitten der Verkehr grundsätzlich gleichmäßiger. Diese Aussage trifft auch auf die Tagesgruppen Samstag und Sonntag zu. Daneben fällt bei der Betrachtung der relativen Häufigkeitsverteilung für die Tagesgruppe Sonntag (Tabelle 26) auf, dass auf Autobahnen im Unterschied zu nachrangigen Abschnitten kaum Typen mit Nachmittagsspitzen (Typ C und F) auftreten.

	Fall- zahl	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E	Typ F	Typ G	Ge- samt
Autobahnen	566	52	9	4	30	2	0	4	100
Bundes- straßen	773	11	7	22	38	4	5	13	100
Landes- bzw. Staatstraßen	254	6	5	26	30	5	9	19	100
Grund- gesamtheit	1624	25	7	16	34	4	4	10	100

Tabelle 26: Tagesgruppe Sonntag: Typenverteilung nach Straßenklassen in Prozent, Bezugsjahr 1998

DTV-Klassen	Fall- zahl	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E	Typ F	Gesamt
kleiner gleich 20.000	56	5	9	32	25	21	7	100
20.001 – 40.000	129	13	11	28	19	17	12	100
40.001 – 60.000	155	7	16	43	11	16	7	100
60.001 – 80.000	123	2	24	31	19	24	1	100
80.001 – 100.000	55	0	24	36	25	15	0	100
größer 100.000	50	0	18	30	30	22	0	100
Grund- gesamtheit	568	6	17	34	19	19	5	100

Tabelle 27: Tagesgang: Typenverteilung nach DTV-Klassen auf BAB in Prozent, Bezugsjahr 1998

In einer weiterführenden Analyse wurde für BAB die Typenverteilung getrennt nach DTV-Klassen betrachtet. In Tabelle 27 sind die Ergebnisse dargestellt. Es zeigt sich auch hier, dass hochbelastete Abschnitte zu ausgeglichenen Verläufen tendieren. Eine sachgemäße weitere Differenzierung nach Fahrstreifenanzahl konnte aus Aufwandsgründen nicht vorgenommen werden.

4.3.5 Vergleich nach Bundesländern

Deutliche Auffälligkeiten bei den Tagesganglinientypen haben sich bei einem Vergleich zwischen den Bundesländern nur hinsichtlich der verschobenen Morgenspitze im Unterschied zwischen alten und neuen Bundesländern ergeben. Dies wird exemplarisch in untenstehender Tabelle 28 für die Tagesgruppe Montag und die Typen A und B dargestellt.

Maximalstunde (Fallzahl)	5.00-6.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	Summe
Alte BL (304)	0	16	81	3	100
Neue BL (68)	4	81	14	1	100

Tabelle 28: Tagesgruppe Montag, Typen A und B: Relative Häufigkeitsverteilung nach Maximalstunde getrennt nach alten und neuen Bundesländern

In den neuen Bundesländern setzt die Morgenspitze also regelmäßig früher ein als in den alten Bundesländern.

4.4 Vergleich nach Kombinationen von Typen

4.4.1 Tagesgruppe Dienstag bis Donnerstag mit Tagesgruppen Montag und Freitag

Knapp 60 Prozent aller untersuchten (richtungsgetrennten) Zählabschnitte werden den jeweils entsprechenden Typen der Tagesgruppen Montag, Dienstag bis Donnerstag und Freitag zugeordnet (Bezugsjahr 1998). Dieser Anteilswert liegt im nachgeordneten Netz höher, da hier der (nur für die Tagesgruppe Montag relevante) Typ G kaum Anteilswerte besitzt.

Auf BAB-Abschnitten ist (C, E) mit knapp 17 Prozent die häufigste Typenkombination zwischen den Tagesgruppen Dienstag-Donnerstag und Freitag. Zum Ende der Erhebungswoche hin treten also hier ausgeprägtere Nachmittagsspitzen auf. Relativ häufig ist bei allen Straßentypen auch der Übergang von ausgeprägten Nachmittagsspitzen (Typ F) der Tagesgruppe Dienstag bis Donnerstag zu einer breiten Nachmittagsspitze (Typ E) freitags.

Für Zählabschnitte des montagspezifischen Typs G (8 Prozent der Grundgesamtheit) gilt für die Tagesgruppe Dienstag bis Donnerstag folgende Verteilung (Bezugsjahr 1998):

Typ B:	38 Prozent
Typ C:	49 Prozent
Typ D:	13 Prozent

4.4.2 Wochen- mit Tagesganglinientypen

Mit Hilfe der standardisierten Residuen wurden Auffälligkeiten zwischen den Wochen – und Tagesganglinientypen identifiziert (Bezugsjahr 1998). Strukturiert nach Wochenganglinientypen lassen sich die Ergebnisse wie folgt zusammenfassen:

- WG-Typ A: Zählabschnitte dieses (vom erwerbsbedingten Verkehr geprägten) Wochenganglinientyps weisen Montag bis Freitag (richtungsgetrennt) keine ausgeglichene Verkehrsverteilung auf. Nur jeweils ca. 2 Prozent dieser Zählstellen werden für die aufgeführten Tagesgruppen dem Typ C zugeordnet (zum Vergleich: Grundgesamtheit 14 Prozent). BAB-Abschnitte dieses Typs wurden im Bezugsjahr sogar ausschließlich anderen Typen zugeordnet (zum Vergleich: Für alle BAB-Abschnitte hat dieser Typ je Tagesgruppe einen Anteilswert größer 29 Prozent!).
- WG-Typ B: Für diese Zählabschnitte ist der oben geschilderte Zusammenhang zu der Typenzuordnung nur noch für die Tagesgruppen Montag und Dienstag bis Donnerstag (und dort in abgeschwächter Form) erkennbar.

- WG-Typ C: Montags bis Freitags treten an diesen Zählabschnitten in der Regel keine Vormittagsspitzen auf (z.B. Tagesgruppe Freitag: Anteilswert der Typen A und B: 4 Prozent (Grundgesamtheit: 25 Prozent)). Für die Tagesgruppe Freitag werden 72 Prozent dieser Zählstellen den Typen E und F zugeordnet (Grundgesamtheit: 42 Prozent).
- WG-Typ D: Für BAB-Abschnitte dominieren bei diesen Wochenganglinientypen Montag bis Freitag die Zuordnungen zu Typ C. Es liegt also eine gleichmäßige Verkehrsverteilung vor. Zwischen den genannten Tagesgruppen treten hier allerdings auch Unterschiede sowohl im Belegungsgrad des Typs C (36 Prozent (Freitag), 50 Prozent (Montag), 65 Prozent (Dienstag bis Donnerstag)) als auch bzgl. anderer hochbelegter Typen (Montag: Typ G (35 Prozent), Die-Do: Typ B (14 Prozent), Freitag: Typ E (50 Prozent)) auf. Insgesamt wird die Einschätzung bestätigt, dass es sich bei BAB-Abschnitten des Typs D um vorwiegend vom Wochenendpendlerverkehr geprägte Abschnitte handelt. Im nachrangigen Netz ergibt sich ein anderes Bild: Hier werden für alle genannten Tagesgruppen hohe Anteilswerte (ca. 30 Prozent) für den Typ D erreicht.
- WG-Typ E: Für diese Zählabschnitte ergeben sich auffällige Zusammenhänge besonders zum Wochenende hin. Diese Zählabschnitte werden freitags zu 85 Prozent Typen mit einer Nachmittagsspitze (E und F), samstags zu 70 Prozent Typen mit einer Vormittagsspitze (B und F) und sonntags zu 66 Prozent Typen mit einer Mittags-/Frühnachmittagsspitze (B, E, F) zugeordnet.
- WG-Typ F: Für diese Zählabschnitte besteht bei den Tagestypen eine klare Affinität zu Verläufen mit Nachmittags-, bzw. Abendspitzen. Dieser Zusammenhang wird im Wochenendverkehr besonders deutlich: Für Samstage werden diese Abschnitte zu 75 Prozent den Typen E, G und H zugeordnet. Für Sonntage erfolgt für fast 60 Prozent der Fälle eine Zuordnung zu dem Typ G.

4.5 Ergebnisse im Anwendungskontext

4.5.1 Charakterisierung von Straßenabschnitten

Im Rahmen der Bearbeitung wurden die Ganglinientypen von Heidemann und Wimber aktualisiert. Für die Typenbildung (Klassifizierung) wurden qualitative und quantitative Qualitätskriterien aufgestellt. Das letztendlich abgeleitete Klassifizierungsverfahren lieferte unter diesen Kriterien mit Ausnahme der Tagesgruppe Sonntag zufriedenstellende Ergebnisse. Die für die Jahresganglinientypisierung verwendeten Kenngrößen sind weitgehend unabhängig von bezugsjahrspezifischen Einflüssen, die nicht auf einer Veränderung der Verkehrsstruktur beruhen. Es wurden Lösungen für das Problem der verschobenen Morgenspitze bei den Tagesganglinien und das Problem der jährlichen Veränderung der Zeitachse bei den Jahresganglinien entwickelt. Somit konnte von den in 1.2 aufgeführten Problemstellungen nur die Nummer (5) „Beschränkung der Tages- und Wochenganglinien auf den Normalzeitbereich“ nicht gelöst werden. Anwendungsprobleme ergeben sich hier vornehmlich hinsichtlich einer Verwendung der Ganglinientypen zur Nachfragemodellierung (s.u.).

Im Rahmen der Bearbeitung wurden allerdings auch weiterführende Problemstellungen identifiziert, die insbesondere für die Verwendung der Typen zur Charakterisierung der Verkehrsstruktur an Straßenabschnitten bedeutsam sind:

Veränderung der verkehrsstrukturellen Rahmenbedingungen

Die Typenbildung basiert auf den für die Bezugsjahre bestehenden verkehrsstrukturellen Rahmenbedingungen. Durch veränderte Rahmenbedingungen (z.B. Änderung der Arbeitszeiten, Änderung des Fahrtzweckmixes aufgrund z.B. demographischem Wandel) können grundsätzlich neue typische Verkehrsverteilungen im Netz entstehen. Durch die eingebauten Qualitätssicherungen beim Zuordnungsverfahren soll u.a. erreicht werden, dass das Verfahren solche neuen typischen Verkehrsverteilungen keinem bestehenden Typ mehr zuordnet. Dem mathematischen-statistischen Prinzip einer sparsamen Parametrisierung folgend sind allerdings nicht alle denkbaren Veränderungen durch das Zuordnungsverfahren abgedeckt. Es bestehen folgende Lücken: Die Typisierung der Jahresganglinien orientiert sich an den jährlichen Maximalbelastungen und dem Ferienverkehrsfaktor. Kurzfristige Verkehrseinbrüche werden von dem abgeleiteten Zuordnungsverfahren kaum identifiziert. Verkehrsrückgänge außerhalb der Ferienzeiten sind beim derzeitigen Dauerzählstellenkollektiv aus verkehrsstruktureller Sicht untypisch und beruhen zum überwiegenden Teil auf Verkehrsverlagerungen (z.B. aufgrund von Baumaßnahmen) oder Erfassungsdefekten. Dennoch ist nicht völlig auszuschließen, dass sich die Rahmenbedingungen so verändern, dass derartige Verkehrsrückgänge typisch werden. Eine solche Entwicklung würde vom abgeleiteten Verfahren nicht erfasst werden, d.h. solche Verkehrsverteilungen werden i.d.R. weiterhin bestehenden Typen zugewiesen. Desgleichen gilt für die Wochenganglinien hinsichtlich von den übrigen Wochentagen abgekoppelten Änderungen der montäglichen Verkehre sowie für die Tagesganglinien hinsichtlich gravierender Änderungen der Zeiträume von Spitzenbelastungen (z.B. Spitzenbelastungen zukünftig nachts). Die zukünftigen Anwendungen des Zuordnungsverfahrens z.B. im Rahmen der jährlichen Auswertung der bundeseigenen Dauerzählstellen sind also dahingehend kritisch zu begleiten, ob die o.g. (aus heutiger Sicht unwahrscheinlichen) verkehrsstrukturellen Änderungen stattgefunden haben.

Trennschärfe zwischen den Kategorien

Wie in 3.2.1.2 ausführlich beschrieben, hängt bei den Jahresganglinientypen die Trennschärfe insbesondere zwischen den Kategorien C und D im starkem Maße von der Güte des Ferienverkehrsfaktors, also von einer zutreffenden Beschreibung der Verkehrsstärkerelation zwischen vom Fernverkehr geprägten Zeiten und den restlichen Zeitbereichen ab. Eine zutreffende Trennung zwischen einer Zuordnung zu Typ C oder Typ D beruht somit letztendlich auf einer zutreffenden Klassifizierung der einzelnen Tage als Urlaubswerktag oder als Normalwerktag. Bei der weiteren Anwendung sollte zudem insbesondere die Trennschärfe des Wochenganglinientyps E zu C und F sowie des Tagesganglinientyps D der Tagesgruppen Montag, Dienstag bis Donnerstag und Freitag zu den Typen B und E beobachtet werden.

Interpretation der Ergebnisse

Die abgeleiteten Typen sind im Allgemeinen gut zu interpretieren. Aus methodischen Gründen waren für die Tagesgruppe Sonntag nur relativ unspezifizierte Typen abzuleiten. Schwer zu interpretieren sind auch die Typen der Tagesgruppe Samstag, wesentlich vor dem Hintergrund, dass diese Tagesgruppe bisher in der Verkehrsstatistik nicht fokussiert wird (innerhalb der SVZ keine Zählung an Samstagen, keine gesonderte Kenngrößenausweisung bei den Ergebnissen der automatischen Dauerzählstellen) und die Verkehrsstruktur dieser Tagesgruppe mit den anderen Tagesgruppen nur selten unmittelbar zusammenhängt.

4.5.2 Nachfragemodellierung

4.5.2.1 *Abweichung der Einzelwerte vom Mittelwert*

Aus den in den Kapiteln 4.1.2, 4.2.2 und 4.3.2 dargestellten Streuungsparametern kann abgelesen werden, inwieweit die Einzelganglinien aller einem Typ zugeordneten Zählstellen um diesen Typ streuen. Hier ist zu beachten, dass die Einzelganglinie schon eine Aggregation von einzelnen Tages- und Stundenwerten ist. Diese je Zählstelle (und ggf. Richtung) abgeleitete Einzelganglinie ist für sich genommen also ein individueller, zählstellenspezifischer Ganglinientyp. Für die kollektive Typisierung wird vorausgesetzt, dass an jeder Zählstelle die Streuung der Einzelwerte um diesen individuellen Ganglinientyp gering ist. Diese Voraussetzung ist regelmäßig nur im sog. Normalzeitbereich (umfasst die von Schulferien, Feiertagen und extremen Witterungsverhältnissen unbeeinflussten Tage) gegeben. Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit abgeleiteten Wochen- und Tagesgangtypen repräsentieren deshalb die „normale“ Verkehrsstruktur (des Normalzeitbereiches).

Für einige der in 1.4.1 beschriebenen Anwendungen (z.B. Bemessung von Straßenverkehrsanlagen) sind allerdings alle Tage und Stunden des Jahres von Bedeutung. Sollen Ganglinientypen hier sinnvoll zur Nachfragemodellierung eingesetzt werden, sind Verfahren zu entwickeln, die auf Grundlage des Ganglinienmodells eine Abschätzung der Verteilung von Stunden auch außerhalb des Normalzeitbereichs ermöglichen. In 5.2 wird ein solches Verfahren beschrieben und hinsichtlich seiner Güte anhand der Abweichung zwischen modellierten und gezählten Werten beurteilt.

4.5.2.2 *Prognose*

Wie in 4.1.3 und 4.3.4 dargestellt, gibt es – zumindest auf BAB – Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen hochbelasteten Abschnitten und einer ausgeglichenen Verkehrsverteilung. Hierzu ein möglicher Erklärungsansatz:

„Bei hochbelasteten Abschnitten kann eine für den Nutzer annehmbare Verkehrsqualität regelmäßig zu bestimmten Hochlastzeiten nicht gehalten werden. Dies führt auch – sofern es dem Nutzer möglich ist – zu einem Ausweichen in schwächer belastete Zeiträume. Insgesamt verteilt sich der Verkehr deshalb gleichmäßiger.“

Folgender Anwendungsfall³⁴: In der Nähe eines ausreichend dimensionierten Abschnittes ändern sich die Rahmenbedingungen derart, dass auf dem Abschnitt zukünftig mit einer starken Verkehrszunahme zu rechnen ist. Derzeit verteilt sich der Verkehr sehr ungleichmäßig: An wenigen werktäglichen Tagesstunden treten Spitzenbelastungen (unterhalb der jetzigen Kapazität des Abschnittes) auf. Denkbare Ausbauvarianten an diesem Abschnitt sollen hinsichtlich eines effizienten Mitteleinsatzes u.a. mit Ausbauvarianten an einem heute schon hochbelasteten Abschnitt mit relativ gleichmäßiger Verkehrsbelastung gegengerechnet werden. Hierbei werden die Reisezeitverluste auf Basis von Nachfrageganglinien quantifiziert und die Prognose am schwächer belasteten Abschnitt unter Zugrundelegung der heutigen Verkehrsverteilung durchgeführt. Trifft die o.g. These zu, so werden die zeitlichen Verlagerungen des Verkehrs beim zukünftigen Engpass im Unterschied zu einem heute schon bestehenden Engpass nicht berücksichtigt und somit der heute noch unkritische Abschnitt in der Bewertung sachlich unzutreffend bevorrechtigt.

Bevor hier konkrete Lösungsansätze abgeleitet und beurteilt werden können, ist die Substanz der o.g. These genauer zu untersuchen.

³⁴ Das Beispiel orientiert sich an einem konkreten Fall im Umfeld der Standstreifenumnutzung

5 Eignung von Ganglinientypen zur Nachfragemodellierung

Die Anwendung von Ganglinientypen zur Nachfragemodellierung soll im Folgenden anhand zweier Anwendungsfälle dargestellt und ihre Eignung für diesen Anwendungsbereich diskutiert werden.

- 5.1 Anwendungsfall 1: Berücksichtigung der Nutzerkosten bei der Bewertung von Erhaltungsmaßnahmen - Zeitverluste durch Arbeitsstellen (nach [PINK-04B])
- 5.1.1 Berücksichtigung von Zeitverlusten in gesamtwirtschaftlichen Bewertungsverfahren

Behinderungen des Verkehrsablaufs stellen einen gesamtwirtschaftlichen Schaden dar. Sie führen zu Reisezeitverlusten, die zumindest im gewerblichen Verkehr u.a. erhöhte Personal- und Vorhaltekosten nach sich ziehen. Im Gegenzug stellt die Erhöhung der Verbindungsqualität, d.h. die Senkung der zur Überbrückung der Entfernung zwischen zwei Punkten notwendigen Reisezeit den primären Nutzen von Verkehrswegeinvestitionen dar. Die Absenkung der Beförderungskosten und die Erhöhung der Erreichbarkeit stellen in der Summe der volkswirtschaftlichen Kosten des Verkehrs die bedeutendsten Einzelpositionen dar. Ziel der wirtschaftlichen Bewertung ist, durch die Identifikation effizienter Maßnahmen die vorhandenen Ressourcen so einzusetzen, dass ein möglichst hoher Nutzen für die Gesellschaft erzielt wird.

Den Kern der Bewertungsverfahren bildet in der Regel die Nutzen-Kosten-Analyse als ein weit entwickeltes und möglichst objektives Bewertungsinstrument. Als Bewertungsmaßstab dient die potentielle Steigerung der gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrt durch eine Maßnahme. Auf der Kostenseite stehen die Kosten der betrachteten Maßnahme; die Nutzen werden definiert als die Rückgänge bestimmter Kostenkategorien (Vermeidungskostenansatz). Das Ergebnis der Bewertung wird durch eine Gegenüberstellung der Kosten und Nutzen geliefert (Differenzen- oder Quotienten-Methode). Eine Maßnahme ist gesamtwirtschaftlich rentabel, wenn die Differenz zwischen Nutzen und Kosten ≥ 0 oder das Verhältnis von Nutzen zu Kosten ≥ 1 ist.

Voraussetzung für die Einbeziehung einer Nutzenkomponente ist ihre quantitative Erfassbarkeit sowie ihre monetäre Bewertbarkeit. Kostenseitig werden in der Regel Investitions- und Unterhaltungskosten angesetzt. Durch Verkehrsmaßnahmen erzielbare Reisezeitgewinne (Vergleich zum Without(Ohne)-Fall) gehen in den gesamtwirtschaftlichen Nutzen ein. Um diese Nutzen erfassen zu können, müssen die Zeitkosten berechnet werden. Eine Voraussetzung für diese Bewertung ist die adäquate Modellierung des Verkehrsablaufs.

Für die Bewertung von Zeitverlusten kann bei Neubaumaßnahmen auf etablierte Ansätze in Standardbewertungsverfahren zurückgegriffen werden, z. B. im Rahmen der Bewertungsverfahren für die Bundesverkehrswegeplanung oder unter Anwendung der Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Straßen (EWS). Diese Verfahren bauen auf einer makroskopischen Modellbetrachtung des Verkehrsablaufes auf. Die kleinste zeitliche Disaggregationseinheit ist der Stundenwert. Für diesen (bzw. für homogene Stundengruppen)

werden Verkehrsbelastungen q ermittelt. Diese werden dann mit Hilfe von vorgegebenen, von gewissen Randbedingungen (z.B. Straßentyp) abhängigen q - V -Beziehungen in Durchschnittsgeschwindigkeiten V des Fahrzeugkollektivs in der einzelnen Stunde(ngruppe) umgerechnet. Über einen Vergleich der Geschwindigkeiten zwischen den einzelnen Planfällen werden dann Reisezeitunterschiede zwischen den betrachteten Planungsfällen abgeleitet.

Die Standardbewertungsverfahren haben sich in der Praxis (Neu-, Aus- und Umbau) bewährt und stellen grundsätzlich auch eine geeignete Basis für die gesamtwirtschaftliche Bewertung im Rahmen des Erhaltungsmanagements der Verkehrsinfrastruktur dar. Die volkswirtschaftliche Bewertung erfasst die Größe des Nutzens infolge vermiedener Reisezeiten. Für eine sachgerechte Berücksichtigung erhaltungsspezifischer Aspekte der Reisezeitbeurteilung in Bewertungsverfahren im Rahmen von Managementsystemen ist eine Anpassung an den aktuellen Stand der Forschung erforderlich. Hierzu sind Verfahrensansätze der Standardbewertungsverfahren um ergänzende Bewertungskomponenten und -verfahren für spezielle Aspekte von Erhaltungsmaßnahmen zu erweitern. Zusätzliche bewertungsrelevante Aspekte ergeben sich bei Erhaltungsmaßnahmen insbesondere aus Arbeitsstellen sowie daraus resultierenden Verkehrsverlagerungen.

5.1.2 Verfahrensansätze zur Berechnung von Zeitverlusten durch Arbeitsstellen

5.1.2.1 Grundmodell

Bedingt durch die steigende Sensibilisierung für die Stauproblematik wurden in Deutschland in den letzten Jahren verschiedene Verfahren entwickelt und teilweise eingeführt, die eine Abschätzung der verkehrlichen Wirkung einer Arbeitsstelle vor ihrer Einrichtung ermöglichen (z.B. [BECK-01], [STÖCK-01], [AUG-91]; [HB-96]; [HLSV-99], [KELL-96], [RESS-94]). Trotz unterschiedlicher Anwendungsbereiche beruhen alle diese Verfahren auf makroskopischen Modellen. Hierzu werden zu folgenden Bereichen Eingangs- und Modellparameter benötigt:

- Schätzung der Kapazität des Engpasses unter Berücksichtigung der relevanten Randbedingungen
- Modellierung der Verkehrsnachfrage (Zufluss auf den Engpass)
- Modellierung der Stauentwicklung im stromaufwärtigen Bereich des Engpasses

5.1.2.2 Modellierung der Kapazität

Die Kapazität eines Fahrbahnquerschnittes definiert die größte Verkehrsstärke, die ein Verkehrsstrom bei gegebenen Weg- und Verkehrsbedingungen an dem für ihn bestimmten Querschnitt erreichen kann (FGSV (2000)). Der Wert der Kapazität ist hierbei abhängig vom gewählten Bezugsintervall (Mengen- oder Zeitintervall)³⁵. Zur Schätzung der Kapazität eines Arbeitsstellenengpasses existieren in Deutschland umfangreiche Untersuchungen. An erster

³⁵ S. z.B. [BRI-03], S17: "Die Gestalt des Fundamentaldiagramms wird durch die Länge des Beobachtungsintervalls beeinflusst. In besonderem Maße gilt dies für den Bereich, in dem die Kapazität erreicht wird. Aggregiert man z.B. fünf 1-Minuten-Intervalle zu einem 5-Minuten-Intervall, so liegt der Punkt im q - v -Diagramm im Schwerpunkt der Einzelpunkte. Dieser hat immer die Tendenz, im Inneren der gekrümmten Kurve zu liegen. Demnach hängt auch die Kapazität von der Dauer des Beobachtungsintervalls ab."

Stelle ist hier die Arbeit in [RES-94] zu nennen. Die Kapazität eines Arbeitsstellenengpasses wird in erster Linie durch die Verkehrsführung im Arbeitsstellenbereich bestimmt.

Als weitere fundamentale Einflussgröße wurde in [RESS-94] der Güterverkehrsanteil angesehen. Auf der Basis von umfangreichen empirischen Untersuchungen in Form von linien- und querschnittsbezogenen Messungen an Arbeitsstellen mit unterschiedlichen Verkehrsführungen und Güterverkehrsanteilen (GVA) bestimmte [RESS-94] durchschnittliche Bruttozeitlücken für die vier verschiedenen Fahrzeugkombinationen (Pkw-Pkw, Pkw-GV, GV-GV, GV-Pkw). Diese dienen dann als Grundlage für die Ermittlung der Kapazität von Arbeitsstellenengpässen in Abhängigkeit vom Güterverkehrsanteil.

Dieser Ansatz wurde in [OBER-03A] auf der Grundlage von umfangreichen eigenen Erhebungen (automatisch erfasste Daten, Videoaufnahmen, optoelektronische Sensoren von im Stau mitfahrenden Fahrzeugen) modifiziert. [OBER-03A] geht von einer Grundkapazität von 1830 Pkw-Einheiten³⁶ je Fahrstreifen und Stunde aus, die unter Einfluss verschiedener relevanter Faktoren variieren kann.

Grundkapazität 1830 Pkw-E/h/Fahrstreifen		Reduktionsfaktor
Allgemein		
Fahrerkollektiv	Hoch belastete Stadtautobahn	1,05-1,10
	Überregionale Verbindungsstrecke	0,90-0,95
	Urlaubsverkehr	0,90
Widrige Umfeldbedingungen		0,85 - 0,95
Schwerverkehrsanteil + Längsneigung		f _{SV}
Reduktion eines benachbarten Fahrstreifens		0,95
Arbeitsstellen längerer Dauer		
Überleitung auf die Gegenfahrbahn		0,90 - 0,95
Geringe Fahrstreifenbreite		0,95
Arbeitsstellen kürzerer Dauer		
Verschwenkung von Fahrstreifen		0,90

Tabelle 29: Übersicht über Faktoren für die Ermittlung der Kapazität von Arbeitsstellenengpässen ([OBER-03B])

$$\text{Der Faktor } f_{SV} = \frac{1}{(1 - SVA + SVA \cdot E)} \quad (SVA = \text{Schwerverkehrsanteil, } E = \text{Äquivalenzwert})$$

³⁶ Umrechnung gemäß der Richtlinie zur Baubetriebsplanung auf Autobahnen [BMVBW-96]

zur Berücksichtigung des Einflusses des Schwerverkehrs auf Steigungsstrecken wird dabei mit Hilfe eines Äquivalenzwertes E berechnet, der aus entsprechenden Diagrammen (siehe z.B. Abbildung 22) entnommen werden kann.

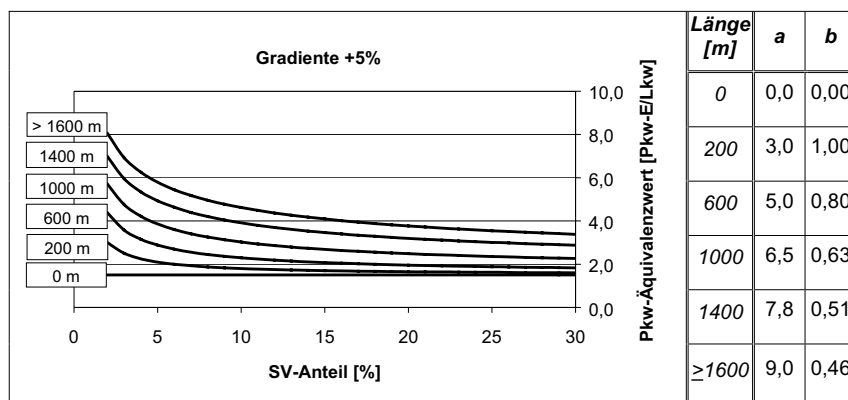


Abbildung 22: Beispiel für die Ermittlung von Äquivalenzwerten für die Umrechnung von SV-Anteilen in Pkw-Einheiten (Längsneigung von +5% und unterschiedliche Abschnittslängen) (aus [OBER-03B])

5.1.2.3 Modellierung der Nachfrage

Da Erhaltungsmaßnahmen zeitlich befristete Ereignisse sind, die im Regelfall nicht ein gesamtes Kalenderjahr umfassen, sollte ein Nachfragemodell gewählt werden, mit dessen Hilfe die Stunden in ihrem zeitlichen Kontext dargestellt werden können. Deshalb ist in diesem Zusammenhang ein Ganglinienmodell zu präferieren. Hierzu sind den einzelnen Abschnitten geeignete Ganglinientypen zuzuordnen. Idealerweise werden diese Ganglinientypen aus Zählwerten abgeleitet. Hierzu werden die Ganglinien von vergleichbaren Zeiträumen (z.B. die Tagesganglinien aller Montage der letzten beiden Jahre) in geeigneter Weise zusammengefasst. Liegen keine historischen Zählwerte vor, so kann am betreffenden Abschnitt die Nachfrage mittels kollektiver Ganglinientypen modelliert werden. Eine Disaggregation des DTV mittels Jahresganglinientypen ist hierbei nicht empfehlenswert, da der genaue Ausführungszeitraum der Erhaltungsmaßnahme mit einem Vorlauf von zwei Jahren oder mehr nicht abgeschätzt werden kann. Dagegen kann die Dauer der Erhaltungsmaßnahme mit hinreichender Genauigkeit abgeschätzt werden. Über geeignete Annahmen (z.B. Erhaltungsmaßnahmen vorwiegend im Sommerhalbjahr) können Wochen- oder Tageswerte bestimmt werden, die dann mit Hilfe von Wochen- und/oder Tagesganglinientypen disaggregiert werden können.

Grundsätzlich ist weiterhin davon auszugehen, dass durch eine länger andauernde, regelmäßig Verkehrsstörungen verursachende Arbeitsstelle eine Verlagerung der Verkehrsnachfrage hervorgerufen wird, d.h. ein Teil der Verkehrsteilnehmer weicht dem Engpass zu erfahrungsgemäß stark belasteten Zeiten von vornherein aus. Weiterhin bewirken aktuelle Verkehrsinformationen über Rundfunk oder Verkehrsbeeinflussungsanlagen eine Verlagerung der Verkehrsnachfrage. Zur Bestimmung des verlagerbaren Anteils der Verkehrsnachfrage ist die Kapazität der Alternativroute(n) als auch der jeweilige Umwegfaktor zu bestimmen.

Dies ist in der Regel datenintensiv oder nicht praktisch durchführbar. Behelfsmäßig kann auf der Grundlage folgender Annahmen operiert werden:

- Bei einer gewissen minimalen Staulänge treten keine nennenswerten Verkehrsverlagerungen auf, da die im Stau auftretenden Verlustzeiten vom Verkehrsteilnehmer geringer eingestuft werden als diejenigen Zeitverluste, die bei Verlagerung der Fahrt zu erwarten wären.
- Mit steigender Staulänge steigt auch der Verlagerungsanteil.
- Mit hohen Staulängen nähert sich der Verlagerungsanteil asymptotisch einem Grenzwert an, da davon auszugehen ist, dass in keinem Fall 100% der Verkehrsteilnehmer von einer Störung informiert sind. Ausnahmen bilden hier Vollsperrungen, bei denen der Verkehr vollständig von der Polizei umgeleitet wird, sowie Verkehrsbeeinflussungsanlagen, an denen Stauinformationen grundsätzlich für jedes Fahrzeug verfügbar sind.

In Abbildung 23 ist eine dementsprechend aufgestellte Verlagerungsfunktion (aus [OBER-03B]) abgebildet. Die Verkehrsnachfrage weicht hier erst ab einer Staulänge von 3 km nennenswert vom Wert 1,0 ab ($f = 0,946$, d.h. 5,4% der Fahrzeuge wählen eine Alternativroute). Zwischen 3 und 10 km Staulänge weist die Funktion das stärkste Gefälle auf, in diesem Bereich wird angenommen, dass die Verkehrsteilnehmer entsprechend empfindlich auf Störungsmeldungen reagieren. Bei einer Staulänge von 10 km nutzen demnach bereits etwa 35% der Fahrzeuge eine Alternativroute bzw. verschieben ihre Fahrt auf einen anderen Zeitraum. Mit weiter ansteigender Staulänge nimmt der verlagerte Anteil der Fahrzeuge immer schwächer zu. Im Bereich von in der Realität kaum noch auftretender Staulängen (50-75 Kilometer) beträgt der Verlagerungsanteil ca. 70 Prozent.

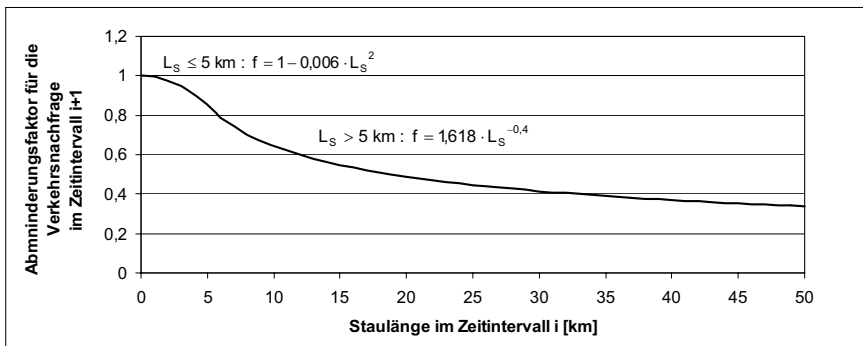


Abbildung 23: Verlagerungsfunktion der Verkehrsnachfrage in Abhängigkeit von der Staulänge (aus [OBER-03B])

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die Verlagerungsfunktion auch von den (dominierenden) Fahrtzwecken, bzw. von den Reiseweiten der Fahrten am jeweiligen Abschnitt abhängt. Mangels empirischer Grundlage können diese zu vermutenden Abhängigkeiten nicht modelliert werden.

5.1.2.4 Staumodell

Stauungen im Straßenverkehr sind Störungen im Verkehrsablauf, die in der Regel dann auftreten, wenn die Verkehrsbelastung (Zufluss) die Kapazität einer Verkehrsanlage überschreitet. Eine quantitative Festsetzung von allgemeingültigen Staukriterien - maximale Verkehrsdichte, maximale Verkehrsstärke oder minimale Geschwindigkeit - gestaltet sich als ausgesprochen schwierig.

Bezogen auf den Verkehrsablauf an Autobahnbaustellen definiert [RESS-94] den Begriff „Verkehrsstau“ als: „...Verkehrssituation, in der - aufgrund des eingeeengten Fahrbahnquerschnittes - die reduzierte Leistungsfähigkeit des Baustellenengpasses geringer als die gegenwärtig nachgefragte Verkehrsmenge ist und dadurch die Gesamtheit der Fahrzeuge im Annäherungsbereich der Arbeitsstelle und über einen längeren Zeitraum in ihrer freien Geschwindigkeitswahl derart beeinträchtigt wird, dass mehrere Fahrzeuge hintereinander wiederholt anhalten müssen.“ Allgemeiner betrachtet, kann diese letzte Definition durch folgende Merkmale erweitert werden:

- Der Verkehrsfluss befindet sich im instabilen Bereich (siehe Fundamentaldiagramm).
- Das Geschwindigkeitsniveau ist niedrig (zum Teil Stop-and-Go-Verkehr), was zu einer Erhöhung der Reisezeiten führt.
- Es treten starke Schwankungen der Geschwindigkeitsdifferenzen auf (inhomogenes Geschwindigkeitsverhalten).
- Es ist ein hohes Maß an Brems- und Beschleunigungsvorgängen feststellbar.
- Singuläre Störungen werden im Gegensatz zum stabilen Verkehrsablauf nicht gedämpft, sondern verstärkt und führen zu lokalen Zusammenbrüchen des Verkehrsablaufs.

Zur Beschreibung des Verkehrsablaufs auf Straßen sind in den letzten Jahrzehnten zahlreiche Modelle entwickelt worden. Nach [OBER-03A] sind hinsichtlich ihrer Handhabbarkeit sowohl das Dichtestöße-Wellenmodell als auch das deterministische Warteschlangenmodell gut für einen Einsatz innerhalb des zu entwickelnden Stauprognoseverfahrens geeignet. Beide Ansätze basieren auf der Nutzung von makroskopischen Daten (Verkehrsstärke, Verkehrsdichte, Geschwindigkeit) und liefern nach [OBER-03A] auch bei der Verwendung größerer historischer Daten aussagekräftige Ergebnisse.

5.1.3 Sensitivität des Verfahrens auf die Modell- und Eingangsparameter

Die Ermittlung der Reisezeitverluste an Arbeitsstellen basiert auf einer großen Anzahl von Eingangsdaten. Diese Eingangsdaten sind entweder durch die jeweils verwendete Datenbasis festgelegt (z.B. Dauer der Bauausführung, Verkehrsführung) oder sie sind in Form von Parametern Bestandteil der eingesetzten Modelle zur Ermittlung der Verkehrsnachfrage und der Kapazität sowie zur Modellierung der Stauentwicklung. Jede Änderung eines oder mehrerer Parameter zieht in mehr oder weniger ausgeprägter Form die Veränderung der Gesamtergebnisse mit sich. Im Rahmen eines von der Bundesanstalt für Straßenwesen betreuten Projektes wurden unter anderem die durch Arbeitsstellen längerer Dauer verursachten Zeitverluste im Autobahnnetz für das Bezugsjahr 2000 ermittelt und die Stabilität der Ergebnisse hinsichtlich der Veränderung einzelner Eingangsdaten und Modellparameter bestimmt ([OBER-03B]).

Mittels einfacher Veränderungen der Eingangsparameter lässt sich darstellen, welchen Einfluss eine systematische Über- oder Unterschätzung der Kapazität auf die Berechnungsergebnisse haben kann. Zu diesem Zweck wurden zusätzliche Berechnungsdurchläufe ausgeführt, in denen die Grundkapazität eines Fahrstreifens im Arbeitsstellenbereich jeweils um 5% angehoben bzw. reduziert wurde. Es stellte sich heraus, dass diese relativ geringfügige Veränderung der Grundkapazität (+/-5%) eine starke Differenz der Endergebnisse (+24,5% bzw. -18,0%) bewirkt. Annahmen zur Kapazität von Arbeitsstellen sollten deshalb regelmäßig in Abhängigkeit von unterschiedlichen Randbedingungen empirisch überprüft werden.

Die Modellierung der Verkehrsnachfrage hängt in entscheidendem Maß von der Zuordnung der Ganglinientypen und der daraus resultierenden Disaggregation der durchschnittlichen täglichen Verkehrsmenge (DTV) in Stundenwerte ab. Hier ergeben sich Schätzfehler durch den generalisierenden Charakter der verwendeten Typen, d.h. auf Grund der Streuung der tatsächlichen Verkehrsnachfrage um die auf Grundlage der Ganglinientypen abgeleitete stündliche Jahresganglinie. Als obere Schranke für diesen Schätzfehler ist die Differenz der Berechnungsergebnisse bei der Verwendung benachbarter Ganglinientypen anzusehen. Im Folgenden soll dieser Schätzfehler anhand eines Beispiels dargestellt werden. Hierzu wird eine Arbeitsstelle auf einem Streckenabschnitt ausgewählt, der laut Auswertung der dazugehörigen Dauerzählstelle an den Wochentagen Montag bis Freitag eine stark ausgeprägte Nachfragespitze in den Nachmittagsstunden aufweist und dementsprechend dem Ganglinientyp F zugeordnet wird. In einer Vergleichsrechnung wird ein Ganglinientyp mit einer etwas schwächeren, jedoch nach wie vor deutlich ausgeprägten Nachmittagsspitze verwendet (Ganglinientyp E). Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind in Abbildung 24 dargestellt.

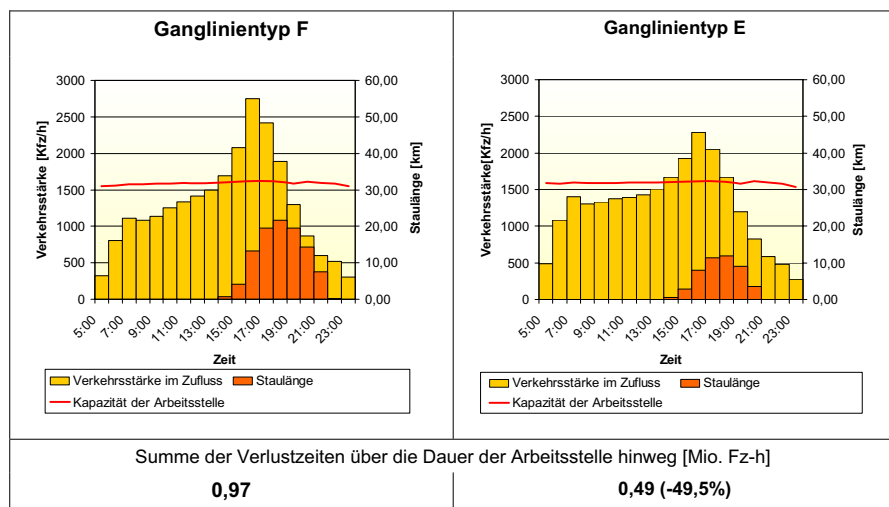


Abbildung 24: Gegenüberstellung der Berechnungsergebnisse an einer 3+0-Verkehrsführung bei unterschiedlichen Tagesganglinientypen

Es zeigt sich, dass die Abminderung der Nachfragespitze in den Nachmittagsstunden und die damit einhergehende gleichmäßigere Verteilung der Verkehrsnachfrage über den Tag

hinweg zu einer deutlichen Abminderung der berechneten Reisezeitverluste führt (ca. -50%). Im Einzelfall (starke Streuung der Nachfragewerte um den jeweiligen Ganglinientyp) kann der Schätzfehler bei der Verwendung von Ganglinientypen also beträchtlich sein.

Wesentliche Erkenntnis der in [OBER-03B] durchgeführten Sensitivitätsanalyse ist aber, dass die Modellierung der Verlagerung der Verkehrsnachfrage gemäß Abbildung 23 bei vorhandener Überlastung der Arbeitsstelle einen herausragenden Einfluss auf die Ergebnisse hat. Die ohne Berücksichtigung dieser Verlagerung ermittelten Reisezeitverluste liegen um ein Vielfaches höher als mit Berücksichtigung dieses Effekts. Eine Analyse der Einzeldaten zeigt, dass ohne Ansatz einer Verlagerung besonders bei Arbeitsstellen an stark belasteten Abschnitten in Ballungsraumnähe unplausible Staulängen und damit auch unplausible Verlustzeiten ermittelt werden. Auf Basis der bestehenden Forschungsergebnisse ist davon auszugehen, dass selbst eine so stark generalisierte Berücksichtigung von Verlagerungseffekten, wie sie die oben beschriebene Vorgehensweise darstellt, die Realität wesentlich besser abbildet als eine vollständige Vernachlässigung dieser Effekte.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass der Schätzfehler, der durch die Verwendung von Ganglinientypen zur Modellierung der Verkehrsnachfrage entsteht, hinsichtlich der Streuung der tatsächlichen Verkehrsnachfrage um die modellierte Verkehrsnachfrage für diesen Anwendungsfall von nachrangiger Bedeutung ist. Wesentlich schwerer wiegen die Unsicherheiten, die mit der Modellierung von Verlagerungseffekten im Störungsfall verbunden sind.

5.2 Anwendungsfall 2: Quantifizierung von Zeitverlusten durch infrastrukturbedingte Engpässe

In [LIST-04] wurden staubedingte Reisezeitverluste im Jahr 2000, die auf infrastrukturbedingte Kapazitätsengpässe zurückzuführen sind, mit Hilfe eines makroskopischen Modellansatzes quantifiziert. Für diese Zielsetzung ist es nicht von Bedeutung, die Nachfrage für jede betrachtete Zeiteinheit (also z.B. die Verkehrsnachfrage am 11. August 2000 in der achten Stunde) realitätsnah abzuschätzen, sondern es genügt, die Anzahl der Stunden besonders in den hohen Belastungsklassen realitätsnah zu generieren. Je nach verwendetem Staumodell ist es darüber hinaus ggf. notwendig, die Stunden (insbesondere die hochbelasteten) in ihrem zeitlichen Kontext realitätsnah abzubilden.

Die Verkehrsnachfrage wurde in [LIST-04] entsprechend dem in 3.6 dargestellten Verfahren inklusive der in 3.6.3 erläuterten Modifikationen modelliert. Im Ergebnis wurden auf Basis der Kenngrößenausweisung der manuellen Straßenverkehrszählung 2000 (SVZ 2000) und der Zuordnung (gemäß Zuordnungsverfahren in Anlage 2) der im Rahmen der vorliegenden Arbeit abgeleiteten Ganglinientypen³⁷ für alle Abschnitte stundenbasierte Jahresganglinien der Verkehrsnachfrage generiert.

³⁷ Auf Grundlage des Zuordnungsverfahrens ist es möglich, mit Dauerzählstellen ausgestattete Abschnitte Ganglinientypen zuzuordnen. Im Rahmen der Fortschreibung der SVZ auf die Folgejahre ist jedem SVZ-Abschnitt (BAB) ein mit einer Dauerzählstelle ausgestatteter Abschnitt zugeordnet. Auf dieser Grundlage kann jedem SVZ-Abschnitt (BAB) ein Ganglinientyp zuge-

Da die Ganglinientypisierung auf Basis der Bezugsjahre 1997-1999 erfolgt ist, ist eine unabhängige Überprüfung der Ergebnisse auf Basis der Zählzeiten der automatischen Dauerzählstellen des Jahres 2000 möglich. Für mit Dauerzählstellen ausgestattete Abschnitte stimmen die innerhalb der SVZ 2000 ausgewiesenen Kenngrößen grundsätzlich mit den Zählwerten überein. Innerhalb der SVZ 2000 werden die DTV-Werte aber nicht richtungsgetreunt, sondern abschnittsbezogen ausgewiesen. In [LIST-04] wurde vereinfachend angenommen, dass sich die Gesamtverkehrsbelastung an jedem Abschnitt gleichmäßig auf beide Richtungen verteilt. Hierdurch treten Abweichungen zwischen den modellierten und den gezählten Werten auf, die nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung sind. In einem ersten Schritt werden deshalb Abschnitte, bei denen diese Abweichungen bzgl. des zu Grunde liegenden DTV-Wertes größer 8 Prozent sind, nicht weiter betrachtet. Weiterhin wurden nur Zählwerte von Abschnitten mit einer geringen Anzahl an Datenausfällen herangezogen. Insgesamt wurden 488 Zählabschnitte³⁸ betrachtet. Bei der Beurteilung der nachfolgenden Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass aus den in 3.6.4 dargestellten Gründen es sich auch bei den Zählwerten nur um eine Schätzung der Verkehrsnachfrage im Sinne von 3.6.1 (II) handelt. Insgesamt ist davon auszugehen, dass die gesuchten stündlichen Verkehrsnachfragewerte regelmäßig zwischen den mit Hilfe von Ganglinientypen modellierten und den gezählten Werten liegen. Die abgeleiteten Streuungsparameter sind deshalb als obere Grenze aufzufassen.

Zur Vergleich der auf Grundlage der Ganglinientypen modellierten Werte mit den Zählwerten wurden je Zählabschnitt die absoluten Dauerlinien miteinander verglichen. Ist $\{g_1, \dots, g_{8760}\}$ die Dauerlinie der gezählten Werte, also die vom größten bis zum kleinsten Stundenwert geordnete Reihe und $\{m_1, \dots, m_{8760}\}$ die Dauerlinie der modellierten Werte, so wurde als Streuungskenngröße die im Vergleich zur Summe der gezählten Werte prozentuale Summe der Abweichungen der zueinander korrespondierenden Einzelwerte, d.h.

$$\text{AbwP}(l;k) := \frac{\sum_{i=l}^k |g_i - m_i|}{\sum_{i=l}^k g_i} * 100$$

für folgende Bereiche der Dauerlinien betrachtet:

- AbwP(1;8760), die durchschnittliche prozentuale Abweichung über die gesamte Dauerlinie;
- AbwP(1;200), die durchschnittliche prozentuale Abweichung über die höchsten 200 Stundenwerte;
- AbwP(1;100), die durchschnittliche prozentuale Abweichung über die höchsten 100 Stundenwerte;
- AbwP(30;50), die durchschnittliche prozentuale Abweichung zwischen dem 30st höchstem und dem 50st höchsten Stundenwert.

ordnet werden. Anmerkung: Im Rahmen der Hochrechnung zur SVZ 2005 ist vorgesehen, auf Grundlage der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit jedem SVZ-Abschnitt (zumindest auf BAB) direkt den jeweiligen Ganglinientypen zuzuordnen.

³⁸ Zählabschnitt bedeutet hierbei eine Fahrtrichtung.

Die Bereiche wurden auf Grundlage von [ARN-04] ausgewählt. Insbesondere wurde dort gezeigt, dass der Dauerlinienverlauf nach dem 200sten Wert in der Regel kein nennenswertes Gefälle mehr aufweist. Der Median von AbwP(1; 8760) liegt in der Untersuchungsgesamtheit bei ca. 5 Prozent. Die Mediane für die Streuungskenngrößen der durchschnittlichen prozentualen Abweichung im oberen Bereich der Dauerlinie liegen zwischen 6 und 7 Prozent. Die Streuungskenngrößen korrelieren³⁹ wie folgt miteinander:

AbwP(1;8760)	AbwP(1;200)	AbwP(1;100)	AbwP(30;50)	
1,00	0,66	0,63	0,62	AbwP(1;8760)
	1,00	0,98	0,97	AbwP(1;200)
		1,00	0,99	AbwP(1;100)
			1,00	AbwP(30;50)

*Tabelle 30: Vergleich gezählter zu modellierten Verkehrsnachfragewerte:
Korrelationsmatrix der verwendeten Streuungskenngrößen*

Insgesamt ist festzuhalten, dass die betrachteten Streuungskenngrößen im oberen, für die meisten Fragestellungen relevanten Bereich der Dauerlinie sehr stark miteinander korrelieren, so dass es ausreicht, nur eine Kenngröße (AbwP(1;100)) weiter zu betrachten.

Eine nach Jahres- und Wochenganglinientypen differenzierte Betrachtung der Streuung (Abbildung 25) ergibt hohe Abweichungen für Zählabschnitte, die von Ferien- und Ausflugsverkehr geprägt sind. Dies sind gerade diejenigen Typen, bei denen die Kenngrößen zur Typbildung am meisten streuen (s. Tabelle 8 und Tabelle 11). Zu beachten ist auch, dass die gezählten Werte gerade für diese Typen je Bezugsjahr auf Grundlage von zufälligen Einflussgrößen (wie z.B. bezugsjahrspezifische Großwetterlagen insbesondere im Zusammenhang mit Feiertags- / Ferienkonstellationen) streuen. Zielführend hätte die Nachfragemodellierung für Zählabschnitte dieses Typs mit gezählten Werten mehrerer Bezugsjahre verglichen werden müssen. Eine solche (aktuelle) Datenbasis von Bezugsjahren, die nicht zur Typenbildung verwendet wurden, stand im Rahmen der Untersuchung nicht zur Verfügung.

Insgesamt ist zu vermuten, dass für den Großteil der betrachteten Zählabschnitte die mittlere Abweichung zwischen der auf Grundlage der Ganglinientypen modellierten und der tatsächlichen Verkehrsnachfrage im oberen Bereich der Dauerlinie unter 5 Prozent liegen dürfte. Im Einzelfall sind gerade für die Zählabschnitte höhere Abweichungen zu beobachten, die im Randbereich der jeweiligen Ganglinienkategorie liegen. Dies betrifft vornehmlich die vergleichsweise heterogenen Ganglinienkategorien, vereinzelt treten aber auch für vergleichsweise homogene Kategorien hohe Abweichungen auf.

³⁹ Pearson

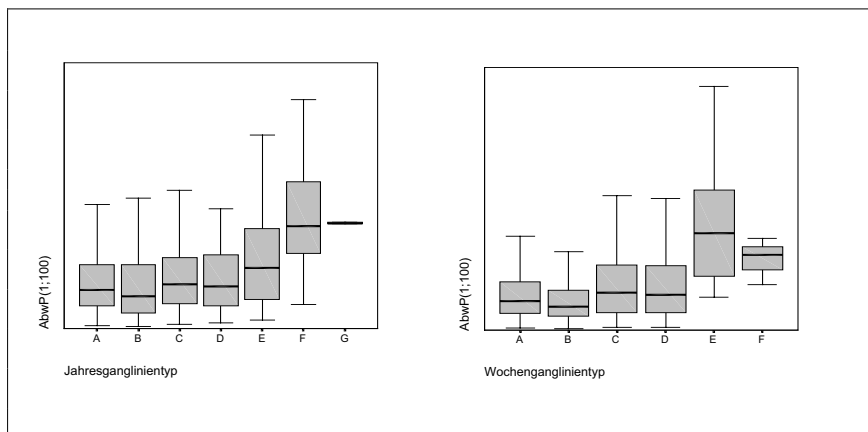


Abbildung 25: Abweichung zwischen modellierten und gezählten Stundenwerten differenziert nach Jahres- und Wochenganglinientypen

Bei einer stichprobenartigen Überprüfung von Zählabschnitten mit hohen Abweichungen zwischen gezählten und modellierten Werten im oberen Bereich der Dauerlinien konnten Auffälligkeiten im Zusammenhang mit dem Übertrag von Tages- und Wochenganglinientypen auf Bereiche außerhalb des Normalzeitbereichs nicht identifiziert werden.

5.3 Diskurs: Dauerlinientypenmodell versus Ganglinientypenmodell

Auf Grundlage der Erkenntnisse der vorliegenden Untersuchung in Verbindung mit [ARN-04] ist davon auszugehen, dass eine Nachfragemodellierung auf Basis von Ganglinientypen einem Modell auf Basis von richtungsgemeinsamen Dauerlinientypen überlegen ist: Durch richtungsgemeinsame Dauerlinientypen werden die Unterschiede insbesondere bzgl. der Maximalwerte der beiden Fahrtrichtungen (z.B. aufgrund unterschiedlicher Flutzeiten bei vom Berufsverkehr geprägten Abschnitten) nivelliert. Reisezeitverlustberechnungen bzw. Beurteilungen der Verkehrsqualität hängen aber gerade von einer realitätsnahen Abschätzung der hochbelasteten Stunden ab.

In [ARN-04] wurden weiterhin richtungsgetrennte Dauerlinientypen (s. Abbildung 26) abgeleitet, die eng mit den in der vorliegenden Untersuchung generierten Ganglinientypen verknüpft sind. In [ARN-04] wird hierbei auf die gute Interpretierbarkeit der Ganglinientypen (vgl. 4.5.1) abgestellt. Hieraus können Informationen über die unterstellten Reiseanlässe abgeleitet werden (s. Tabelle 31). Insgesamt wird es in [ARN-04] auf Grundlage des engen Zusammenhangs zwischen den stärker generalisierten Dauerlinientypen und den gut zu interpretierenden Ganglinientypen grundsätzlich als zulässig erachtet, „mangels Erhebungsdaten von der an einem Abschnitt vorherrschenden Verkehrscharakteristik auf einen Dauerlinientyp und damit auch auf ein mittleres Dauerlinienniveau zu schließen“ ([ARN-04], S.71).

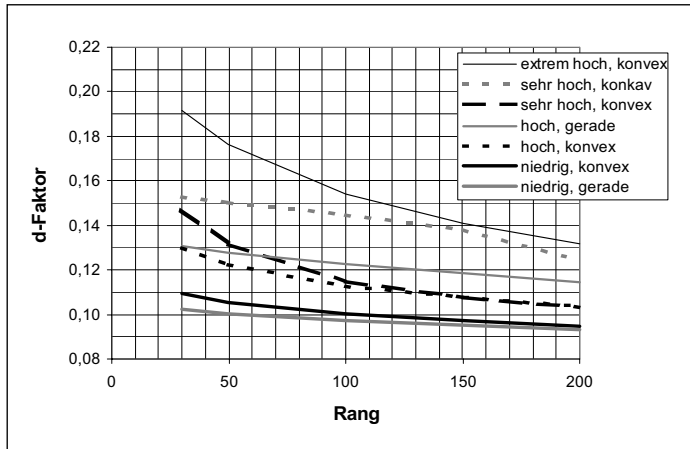


Abbildung 26: Richtungstrennte Dauerlinientypen nach Arnold (aus [ARN-04])

Dauerlinientyp richtungstrennt			Charakteristische Verkehrszusammensetzung ²⁾
Niveau	Verlauf ¹⁾		
A	sehr hoch	konvex	sehr hohe Anteile von Urlaubs- und Ausflugsverkehren
B	hoch	konvex	überdurchschnittlich hohe Anteile von Urlaubs-, Ausflugs- oder Wochenpendlerverkehren
C	niedrig	konvex	Verkehre mit starker Durchmischung der Fahrtzwecke
D	niedrig	gerade	regelmäßige Werktagsverkehre ohne ausgeprägte Belastungsspitzen
E	hoch	gerade	regelmäßige Werktagsverkehre mit ausgeprägten Morgen- oder am Nachmittagspitzen im Berufsverkehr
F	sehr hoch	konkav	einseitig geprägt von regelmäßigen Berufsverkehren, die sich auf eine Stunde während der morgendlichen Hauptverkehrszeit konzentrieren

1) Verlaufstypen:

- konvex: Zunächst steil abfallende Dauerlinie, die zur 200. Stunde hin flacher wird
- gerade: weitgehend linear abfallender Verlauf der Dauerlinie bis zur 200. Stunde
- konkav: Zunächst flach abfallende Dauerlinie, die zur 200. Stunde hin steiler wird

2) Abgrenzung der Fahrtzwecke:

- Privatverkehr umfasst Urlaubsverkehre, Ausflugs- und Freizeitverkehre, Wochenpendlerverkehre, Einkaufs- und Besorgungsverkehre, Besuchsverkehre
- Berufsverkehr steht stellvertretend für die täglichen Berufs- und Ausbildungsverkehre
- Werktagsverkehr umfasst neben dem Berufs- und Ausbildungsverkehr, Einkaufs- und Besorgungsverkehre, werktägliche Freizeitverkehre (insb. in Ballungsräumen), Wirtschaftsverkehre (Geschäftsreise- und Güterverkehre).

Tabelle 31: Richtungstrennte Dauerlinientypen und charakteristische Verkehrszusammensetzung (aus [ARN-04])

Aufgrund der Ergebnisse in [ARN-04] in Verbindung mit den Erkenntnissen aus der vorliegenden Untersuchung ist die Wahl zwischen Ganglinientypen und richtungsgetreuten Dauerlinientypen als Grundlage der Verkehrsnachfragemodellierung wie folgt zu beantworten:

- Da der Zusammenhang zwischen den Dauerlinientypen nach Arnold und den Ganglinientypen der vorliegenden Arbeit sehr eng ist, sind grundsätzlich keine großen Abweichungen auf Grund der Wahl für das eine oder das andere Nachfragemodell zu erwarten. Da sich die Dauerlinientypen auf einem höheren Abstraktionsniveau bewegen, können die beiden Modellierungsansätze (mit wachsender Qualität der darauf aufbauenden Modelle) nie vollständig konvergieren.
- Durch die Wahl des Nachfragemodells wird die Wahl der darauf aufbauenden Modellansätze (z.B. Staumodell) beeinflusst. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde unter den dauerlinienbasierten Modellen lediglich das Modell in [EWS-97] diskutiert (s. 3.6.2). Der hier zu Grunde liegende Modellansatz zur Nachfragemodellierung ist spätestens mit den in [ARN-04] abgeleiteten Dauerlinien als nicht mehr aktuell anzusehen. Eine Beurteilung der auf den unterschiedlichen Nachfragemodellen aufbauenden Staumodelle auf Basis der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit ist daher nicht möglich.
- Für Zeitverlustberechnungen im Zusammenhang mit Baustellen sind ganglinientypenbasierte Modelle zu präferieren (s.5.1.2.3).
- Es ist davon auszugehen, dass neben den in der vorliegenden Arbeit abgeleiteten Ganglinientypen auch die Dauerlinientypen aus [ARN-04] zukünftig im Rahmen der jährlichen Auswertung der bundeseigenen Dauerzählstellen ausgewiesen werden.
- Ein Übertrag auf alle BAB-Abschnitte im Rahmen der periodisch durchgeführten manuellen Zählungen ist möglich, auch wenn die für Ganglinientypen angewandte und auf Dauerlinientypen übertragbare Vorgehensweise aus [LIST-04] hierzu optimiert werden sollte.
- Hinsichtlich einer Zuordnung von Ganglinien- und Dauerlinientypen auf Basis von Kurzzeitzählung sind noch Verfahren auf Basis der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit (für Ganglinientypen) und aus [ARN-04] (für Dauerlinientypen) zu entwickeln. Da die Ganglinientypen der Tagesgruppen Samstag und Sonntag mit den anderen Ganglinientypen kaum korrelieren und somit nicht aus diesen ableitbar sind, ist davon auszugehen, dass ein ganglinienbasiertes Modell einen größeren Zählumfang benötigt als ein dauerlinienbasiertes.
- Liegen keine Zählwerte (weder aus Dauerzählstellen noch aus Kurzzeitzählungen) bzw. keine geeignete Schätzwerte vor, so ist eine Zuordnung von Abschnitten zu Dauerlinientypen gegenüber einer Zuordnung zu allen Ganglinientypen auf Grundlage einer beobachtbaren oder anzunehmenden Verkehrscharakteristik am betreffenden Abschnitt nahe liegender.

6 Schlussbemerkung

Im Auftrag des BMVBW werden von der BAST jährlich ca. 1200 automatische Dauerzählstellen im Fernstraßennetz (der Focus liegt hierbei auf den Bundesfernstraßen) ausgewertet. Sie messen mittels Induktivschleifendetektoren die Verkehrsstärke je Stunde getrennt nach Fahrzeugarten. Zur Beschreibung des typischen Verkehrsverlaufs an den einzelnen Straßenabschnitten und zur Erleichterung der Vergleichbarkeit werden seit dem Bezugsjahr 1978 jeder Zählstelle typisierte Ganglinien der Verkehrsstärke zugewiesen. Diese kollektiven Ganglinientypen werden gerade in jüngster Zeit vermehrt auch zur Verkehrsnachfragemodellierung hinsichtlich der Qualitätsbeurteilung von Straßenverkehrsanlagen herangezogen. Aufgrund des starken Generalisierungsgrades sind im Einzelfall vergleichsweise hohe Abweichungen zur Realität möglich. Kollektive Ganglinientypen werden deshalb weniger bei Fragestellungen, die eine spezifische Situation betreffen als vielmehr bei vergleichenden Fragestellungen auf einem höheren Abstraktionsgrad (übergeordneten vergleichenden Zusammenhang, z.B.: Berechnung von Reisezeitverlusten bei der Bewertung, Berechnung von Überlastungshäufigkeiten bei der Bemessung von Straßenverkehrsanlagen) verwendet.

Die in [HEID-82] ermittelten Ganglinientypen sind heute nicht mehr zeitgemäß. Bedingt durch Änderungen in der Verkehrscharakteristik im Laufe der letzten Jahre, ließen sich zunehmend weniger Dauerzählstellen einem bestimmten Ganglinientyp zuordnen, so dass die Anwendung in der Praxis deutlich eingeschränkt wurde. Außerdem wurden im Laufe der Jahre aus dem Praxiseinsatz heraus Ansprüche abgeleitet, die auch eine methodische Weiterentwicklung bei der Bestimmung der einzelnen Typen erfordert haben:

- (1) Die Gütebeurteilung der von Heidemann und Wimber verwendeten Verfahren stellt vornehmlich auf die Heterogenität zwischen den Klassen ab. Diese ist meistens schon aufgrund der hohen Variablenanzahl verfahrensimmanent. Dies kann angesichts der Sensibilität der Ergebnisse in Abhängigkeit von schon kleinen Verfahrensänderungen im clusteranalytischen Prozess nicht befriedigen.
- (2) Die Ableitung der Typen und das Zuordnungsverfahren beruhen allein auf dem Distanzkriterium. Qualitative Unterschiede im Kurvenverlauf fließen hier also nicht ein, obwohl die Gütebeurteilung des Verfahrens stark auf die Interpretierbarkeit der Ergebnisse und somit auf den qualitativen Verlauf Bezug nimmt. Dies bereitet insbesondere dann Probleme, wenn Effekte im regionalen Vergleich zeitlich verschoben in Erscheinung treten (z.B. verschobene Morgenspitze bei werktäglichen Tagesganglinien).
- (3) Der Jahresganglinientypisierung liegt in [HEID-82] nur ein Bezugsjahr zugrunde. In [SCHMIDT-96] wurde nachgewiesen, dass insbesondere Jahresganglinienverläufe von für die einzelnen Bezugsjahre spezifischen Großwetterlagen beeinflusst werden. Die verwendete Zeitachse ist u.a. aufgrund variabler, auf dem Mondkalender beruhenden Feiertagen und Veränderungen in den Ferienzeiten nur eingeschränkt auf andere Bezugsjahre übertragbar. Auf der Grundlage von nur einem Bezugsjahr abgeleitete Typen sind also nur bedingt repräsentativ.
- (4) Bei der Jahresganglinientypisierung wurde in [HEID-82] keine einheitliche Darstellung vorgenommen. Während über die sog. Hauptreisezeit gemittelt wird, werden die anderen Zeitbereiche differenziert nach Wochenwerten dargestellt. Dies schränkt die Aussagekraft der Jahresganglinientypen erheblich ein.

- (5) In die Typenbildung des kollektiven Ganglinientyps und in das Zuordnungsverfahren geht je Zählstelle und je untersuchten Zeitbereich (Tagesgruppe, Woche oder Jahr) eine aus den Messdaten gebildete Ganglinie ein. Diese Ganglinie ist für diese Zählstelle schon ein individueller Ganglinientyp. Ein solcher Ganglinientyp ist nur sinnvoll, wenn homogene Strukturen im untersuchten Zeitbereich vorliegen. Aus diesem Grunde gehen in die Typenbildung von Tages- und Wochenganglinien nur Werte aus dem Normalzeitbereich (frei von winterlichen Einflüssen, außerhalb der Ferienzeit) ein. Phänomene wie durch Feiertage verlängerte Wochenenden, Feriendreiseverkehr o.ä. werden durch den auf dieser Basis abgeleiteten kollektiven Ganglinientyp nicht berücksichtigt.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, auf Grundlage der Daten der automatischen Dauerzählstellen mehrerer Bezugsjahre die Typisierung der Tages-, Wochen- und Jahresganglinien zu aktualisieren. Insbesondere waren Zuweisungskriterien zu entwickeln, nach denen die einzelnen Dauerzählstellen für Außerortsstraßen auch zukünftig verschiedenen Typen zugeordnet werden können. Außerdem wurde untersucht, inwieweit die o.g. Einschränkungen behoben werden können. Schließlich wurde eine Gütebeurteilung der Nachfragemodellierung auf Basis von typisierten Ganglinien vor dem Hintergrund zweier Anwendungsfälle vorgenommen.

Datengrundlage für die Typenbildung waren die Stunden- und Tageswerte des von der BAST im Auftrag des BMV/BW ausgewerteten Dauerzählstellennetzes (Wochen- und Tagesgang: Bezugsjahre 1997 und 1998; Jahresgang: 1997, 1998 und 1999). Die Ergebnisse wurden mit den Daten der Bezugsjahre 2000 und 2001 validiert. Die Gütebeurteilung wurde auf Grundlage eines Bezugsjahres (2000) durchgeführt.

Für die Typenbildung (Klassifizierung) wurden u.a. folgende qualitative und/oder quantitative Kriterien definiert und angewendet:

Interpretierbarkeit der Ergebnisse	(qualitativ)
Homogenität der entstehenden Klassen	(qualitativ/quantitativ)
Vollständigkeit der Zuordnung	(quantitativ)
Stabilität der Zuordnung im Jahresvergleich	(quantitativ)

Unter diesen Qualitätskriterien zufriedenstellende Ergebnisse wurden mit einem (leicht modifizierten) nicht hierarchischen Clusterverfahren erzielt. Das Verfahren verhält sich u.a. stabil gegenüber Ausreißern, d.h. Einschränkung (1) konnte hiermit behoben werden. Insbesondere bei den Jahres- und Tagesganglinien wurde zur Typisierung und für das Zuordnungsverfahren auf Kenngrößen (z.B. Maximalwert aller Vormittagsstunden) abgestellt, die sich – im Unterschied zu den Anteilswerten (z.B. Anteil der jeweiligen Stundenwerte am gesamten Tageswert) – unabhängig zur Zeitachse verhalten. Damit konnte auch Einschränkung (2) behoben werden.

Die Anfangsklassen wurden auf Grundlage der Ergebnisse verschiedener hierarchischer Clusterverfahren über mehrere Bezugsjahre festgesetzt. (Für die Tagesgruppe „Sonntag“ konnte die Stabilität der Zuordnung im Jahresvergleich wegen „weicherer“ Randbedingungen (z.B. Witterung) allerdings nur durch stark generalisierte Anfangsklassen erreicht werden.) Die abgeleiteten Typen erwiesen sich im Jahresvergleich als stabil. Einschränkung (3) konnte also behoben werden.

Bei den Tagesganglinien wurde der Repräsentant jeder Klasse, also der Ganglinientyp, bezogen auf die Maximalstunde (die Stunde, in welcher der maximale Anteilswert erreicht wird) abgeleitet. Für die Jahresganglinien erfolgte die Darstellung der Typen anhand eines exemplarischen Musterjahres. Die dazugehörigen Anteilswerte wurden aus Dauerlinien auf Wochenwertbasis gemittelt. Diese Dauerlinien haben sich je Typ über die Bezugsjahre hinweg als stabil erwiesen. Insgesamt konnte also auch die Einschränkung (4) behoben werden.

Somit konnte von den oben aufgeführten Problemstellungen nur die Nummer (5) nicht gelöst werden. Anwendungsprobleme ergeben sich hier vornehmlich hinsichtlich einer Verwendung der Ganglinientypen zur Nachfragemodellierung. Der Vorteil der Verwendung von typisierten Ganglinien bei der Verkehrsnachfragemodellierung liegt in der Robustheit gegenüber (z.B. kapazitätsbedingten) Einbrüchen der gemessenen Verkehrsstärke im Unterschied zur tatsächlichen Verkehrsnachfrage und der vergleichsweise geringen Anforderung an die Datenbasis. Nachteilig wirkt sich hingegen aus, dass die den Lageparametern zuzurechnenden Ganglinientypen (genauso wie die Dauerlinientypen) keine Aussage über die Streuung der Einzelwerte beinhalten. Dies ist insbesondere im Zusammenhang mit Schwellenwerten bei der Kapazitätsberechnung von Bedeutung. Dieser Nachteil wird durch die Beschränkung der Tages- und Wochenganglinien auf den Normalzeitbereich noch verstärkt. Andererseits ist besonders bei vom Freizeitverkehr geprägten Strecken eine Ausweitung der Ganglinientypen auf alle Zeitbereiche außerhalb des Normalzeitbereiches aufgrund der dort inhomogenen Verkehrsstrukturen bisher nicht gelungen und bei kollektiv gültigen Ganglinientypen auch nicht zu erwarten.

Erste Ansätze zur Lösung dieser Normalzeitbereichsproblematik finden sich in [BRI-03]. Eine darauf aufbauende Nachfragemodellierung auf Grundlage der in der vorliegenden Untersuchung abgeleiteten Ganglinientypen wurde erstmals in [LIST-04] angewendet. Die hier modellierten Werte wurden innerhalb der vorliegenden Untersuchung mit gezählten Werten des gleichen Bezugsjahres verglichen. Da die Verkehrsstärke im Bereich hoher Belastungen eine unzureichende Schätzgröße der Verkehrsnachfrage ist, besitzt dieser Vergleich keine absolute Aussagekraft. Die Analysen ergaben, dass hohe Abweichungen zwischen modellierten und gezählten Werten gerade bei Zählstellen auftraten, die „gerade noch“ einem bestimmten Typ zugeordnet werden. Auffällige Abweichungen auf Grund der Normalzeitbereichsproblematik konnten dagegen nicht festgestellt werden. Im Einzelfall auftretende hohe Schätzfehler bei der Nachfragemodellierung mit Ganglinientypen hängen somit in der Regel mit dem Generalisierungsgrad der Ganglinientypen zusammen.

Mit Hilfe der in der vorliegenden Arbeit abgeleiteten Ganglinientypen wurden die in [ARN-04] abgeleiteten Dauerlinientypen hinsichtlich ihrer charakteristischen Verkehrszusammensetzung eingeschätzt. Aufgrund des engen Zusammenhangs zwischen den in der vorliegenden Untersuchung abgeleiteten Ganglinientypen und den durch Arnold typisierten (richtungsgetrenten) Dauerlinientypen ist zu erwarten, dass sich die Ergebnisse einer Nachfragemodellierung auf Basis von den abgeleiteten Ganglinientypen von einer Nachfragemodellierung auf Basis der richtungsgetrenten Dauerlinientypen nach Arnold ähneln. Unterschiede ergeben sich hier eher durch die auf der Nachfragemodellierung aufsetzenden weiterführenden Modelle (z.B. unterschiedliche Staumodell) sowie hinsichtlich der Anwendbarkeit und der Flexibilität. Dauerlinientypen sind aufgrund des höheren Generalisierungsgrades einfacher zuzuordnen, decken aber aus dem selben Grund ein geringeres Anwendungsspektrum ab (z.B. Berechnung von Zeitverlusten durch Baustellen).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden weiterhin Ansätze einer zeitlichen, räumlichen und funktionalen Beschreibung der Verkehrsstruktur an den untersuchten Zählabschnitten anhand der Zuordnung zu den Ganglinientypen verfolgt. Hierbei wurden Erfolge bei der funktionalen Beschreibung durch einen Vergleich der Typenzuordnung von Richtung / Gegenrichtung sowie nach Straßenklasse und durch eine Untersuchung auffälliger Typenkombinationen erzielt. Einer differenzierten zeitlichen und räumlichen Beschreibung von Verkehrszuständen mit Hilfe der abgeleiteten typisierten Ganglinien waren mangels Kontinuität und Repräsentativität des untersuchten Kollektivs Grenzen gesetzt. Andererseits ist mit der Ableitung der neuen Ganglinientypen gerade die Grundlage verbessert worden, um aus der Grundgesamtheit der Dauerzählstellenabschnitte je nach Fragestellung repräsentative Teilkollektive auszuwählen.

Insgesamt wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit typische Ganglinien des Fernstraßennetzes für den Jahresverkehr, den Wochenverkehr und den Tagesverkehr (getrennt nach den Tagesgruppen Montag, Dienstag bis Donnerstag, Freitag, Samstag, Sonntag) abgeleitet. Für die Jahresganglinien erfolgte die Ableitung richtungsgemeinsam. Für die Tages- und im Unterschied zu [HEID-82] auch für die Wochenganglinien richtungsgetreunt. Außerdem wurde ein Zuordnungsverfahren von Streckenabschnitten des Fernstraßennetzes zu diesen Typen auf Grundlage von Kennwerten (z.B. Anteil der maximalen Stunde am Tagesverkehr, Ferienverkehrsfaktor) erstellt, die aus den jährlichen Stunden- bzw. Tageswerten generiert, grundsätzlich aber auch anhand geeigneter Kurzzeitzählungen geschätzt werden können.

Im Rahmen der Erstanwendung des Zuordnungsverfahrens zu den Tages- und Wochenganglinientypen für das Bezugsjahr 2000 lag die Zuordnungsrate bei allen Typen bei knapp 99 Prozent oder darüber. Die Zuordnungsrate zu den Jahresganglinientypen (Erstanwendung Bezugsjahr 2001) lag bei über 97 Prozent. Hier sind vermehrt Einzelfälle mit zwar richtig gezählten, aber dennoch untypischen Verläufen durch z.B. kurz- oder langzeitige Verkehrsverlagerungen (Baustelle u.ä.) zu beobachten, die richtigerweise keinem Typen zugeordnet werden. Es ist also davon auszugehen, dass durch die abgeleiteten Typen alle anzutreffenden „normalen“ zeitlichen Verteilungen des Verkehrs zumindest im Bundesfernstraßennetz abgebildet werden. Zu beachten sind allerdings die genannten Einschränkungen hinsichtlich der Tagesgruppe Sonntag und den Zeitbereichen außerhalb der Normalzeit.

Literaturverzeichnis

- [ARN-01] M. Arnold: *Wirtschaftlichkeitsuntersuchung einer befristeten Umnutzung von Standstreifen auf BAB für Zwecke des fließenden Verkehrs*, Schlussbericht zum FE 02.188/1998/FRB, München 2001
- [ARN-04] M. Arnold: *Bemessungsverkehrsstärken vor dem Hintergrund sich verändernder Pegel – Teil I: Deskriptive Analyse von Dauerlinien und Schätzung von Dauerlinienkennwerten auf Basis von Kurzzeitzählungen*, Schlussberichts zum FE 01.154/2001/CGB, München 2004 (Veröffentlichung in Vorbereitung)
- [AUG-91] AUGUST, H.; BECK, H. (1991): Verfahren zur Planung von Tagesbaustellen auf Autobahnen mit dem Versuch einer Stauprognose - Ein Pilotprojekt des Landschaftsverbandes Westfalen-Lippe. *Straße + Autobahn, Heft 8/1991*, S. 433-436
- [BACH-94] J. Bacher: *Clusteranalyse*, Oldenbourg Verlag, München 1994
- [BACK-94] K. Backhaus, u.a.: *Multivariate Analysemethoden*, (7. Auflage) Springer-Verlag, Berlin 1994
- [BASTI-01] M. Bastian: *Entscheidungsunterstützung durch analytische Informationssysteme und Übertragung des Konzepts auf den Verkehr*, in: Straßenverkehrstechnik 03/2002
- [BECK-01] A. Beckmann, H. Zackor: *Untersuchung und Eichung von Verfahren zur aktuellen Abschätzung von Staudauer und Staulänge infolge von Tages- und Dauerbaustellen auf Autobahnen*, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen, Reihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 808, Bonn 2001
- [BERG-99] W. Berg, M. Buck: *Ersatz der Gangliniennorm SN 641 230a*, Eidgenössisches Department für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation / Bundesamt für Strassen, Forschungsbericht 421, Zürich 1999
- [BERG-00] W. Berg, K. Troxler: *Aktualisierung der Gangliniennorm SN 640 005*, Eidgenössisches Department für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation / Bundesamt für Strassen, Forschungsbericht 461, Zürich 2000
- [BMVBW-96] Bundesverkehrsministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: *Richtlinie zur Baubetriebsplanung auf Bundesautobahnen, Ausgabe 1996 (RBAP 96)*, Bonn, 1996
- [BMVBW-02a] Bundesverkehrsministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: *Grundzüge der gesamtwirtschaftlichen Bewertungsmethodik Bundesverkehrswegeplan 2003*, Berlin, Februar 2002
- [BMVBW-02b] Bundesverkehrsministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: *Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 10/2002*, Bonn, Mai 2002
- [BOR-93] J. Bortz: *Statistik für Sozialwissenschaftler*, (4. Auflage) Springer-Verlag, 1993

-
- [BRAN-99] U. Brannolte, u.a.: *Stand und Entwicklung der EWS*. In: Straße und Autobahn, 50, Kirschbaumverlag, Bonn 1999
- [BRES-97] A. Breßler: *Typisierung von Ganglinien auf Bundesautobahnen*, Diplomarbeit an der Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Verkehrswesen, Fakultät für Bauingenieurwesen, Bochum 1997
- [BRI-03] W. Brilon, H. Zurlinden: *Überlastungswahrscheinlichkeiten und Verkehrsleistung als Bemessungskriterium für Straßenverkehrsanlagen*, Forschungsbericht aus dem Forschungsprogramm des BMVBW und der FGSV, Heft 870, August 2003
- [BÜHL-96] A. Bühl, P. Zöfel: *SPSS für Windows Version 6.1*, (3. Auflage) Addison Wesley Longmann Verlag GmbH, Bonn 1996
- [EICH-78] J. Eichberg, K. Marklein: *Jahresauswertung 1977*, Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Straßenverkehrszählung, Heft 8, Köln 1978
- [EWS-97] FGSV: *Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen - Entwurf*, Köln 1997
- [EWS/K-97] FGSV: *Kommentar zum Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen - Entwurf*, Köln 1997
- [FGSV-97] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen: *Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen – Aktualisierung der RAS-W 86, Entwurf*, Ausgabe 1997. Köln, 1997
- [FGSV-00] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen: *Begriffsbestimmungen, Teil: Verkehrsplanung, Straßenentwurf und Straßenbetrieb, Ausgabe 2000*. Köln, 2000
- [FGSV-02] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen: *Datenvervollständigung und Datenaufbereitung für die verkehrstechnische Anwendung – Entwurf des FGSV-AK 3.16.11*,
- [HAA-04] P. Haardt, K.-H. Höhnscheid, S. Knepper, L. Pinkofsky: *Ermittlung von Kriterien für ein einheitliches Bewertungsverfahren im PMS und BMS*. Schlussbericht zum BAST-internen Projekt AP 01242/B4 (unveröffentlicht), Bergisch Gladbach, März 2004
- [HART-84] J. Hartung, E. Elpelt: *Multivariate Statistik*, Oldenbourg Verlag, München 1984
- [HB-96] Heusch/Boesefeldt: Laffont, S.; Regniet, G.; Schmidt, G. (1996): *Stau-Prognose für Baustellen auf Autobahnen in Bayern; Dokumentation zum Verfahren (Entwurf)*. Auftraggeber Autobahndirektion Südbayern, Aachen, 1996
- [HBS-01] FGSV: *Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen*, Köln 2001
- [HEID-82] D. Heidemann, P. Wimber: *Typisierung von Verkehrsstärkeganglinien durch clusteranalytische Verfahren*, Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Straßenverkehrszählung, Heft 26, Köln 1982

-
- [HEID-83] D. Heidemann, P. Wimber: *Typisierung von Verkehrsstärkeganglinien des Schwerverkehrs durch clusteranalytische Verfahren*, Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Straßenverkehrszählung, Heft 29, Köln 1983
- [HELL-02] L. Hellmann, u.a.: *Entwicklung eines Verfahrens zur Bewertung von Maßnahmevarianten für die Erhaltungsplanung auf Objektebene*, Schlussbericht zum FE 15.232/2000/HRB, Berlin 2002
- [HLSV-99] *HESSISCHES LANDESAMT FÜR STRAßEN- UND VERKEHRSWESSEN: Baustelleninformation in Hessen*. Informationsbroschüre. Wiesbaden 1999
- [ION-04] G. Ionescu, L. Pinkofsky: *Aufbereitung der Achslastdaten 2003*. Schlussbericht zum BAST-internen Projekt AP 03620/V6 (unveröffentlicht), Bergisch Gladbach, März 2004
- [IVV-00] Ingenieurgruppe IVV, Heusch/Boesefeldt GmbH, L. Vosdellen.: *Harmonisierung der Verkehrs- und Bewertungsmodelle beim Verkehrsträger Straße im Verfahren des BVWP – Stufe II: Entwicklung anwendungsreifer Verbesserungsvorschläge*“, Entwurf des Schlussberichtes, Aachen 2000
- [KATH-04a] T. Kathmann: *Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2001 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen*, Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V110, Bergisch Gladbach, 2004
- [KATH-04b] T. Kathmann: *Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2002 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen*, Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V115, Bergisch Gladbach, 2004
- [KELL-97] G. Kellermann: *Stau an Baustellen - ein vereinfachtes Berechnungsverfahren. Straße + Autobahn, Heft 7/1997, S. 366-370*
- [KIRS-94] H. Kirschfink, U. Uerlings: *The Prediction System within the SOCRATES Information Centre*“. Proceedings of the 2nd DRIVE-II workshop on Short-Term Road Traffic Forecasting, Delft, Holland 1994
- [KLEIN-02] M. Kleinhans: *Klassifikation von Verkehrsdaten mit Clusterverfahren*, Diplomarbeit am Mathematischen Institut der Universität zu Köln, Oktober 2002
- [KMK-03] Kultusministerkonferenz: *Neuregelung der Sommerferientermine 2005 bis 2010*, Pressemitteilung, Bonn, 12. Juni 2003
- [KRAU-04] G. Krause, G. Maerschalk: *Erstanwendung des PMS für die Bundesfernstraßen in Deutschland*, Tagungsband der 2. Europäischen Tagung zum Erhaltungsmanagement für Straßen (CD), März 2004
- [KÜHN-98] M. A. Kühnen: *Verkehrsdatenerfassung im Bundesfernstraßennetz*, Bericht zum AP 70 601, Bergisch Gladbach, Mai 1998
- [LES-93] H. Leser, H.D. Haas, T.Mosimann, R. Paesler: *Diercke-Wörterbuch der allgemeinen Geographie*, DTV/Westermann, München, Braunschweig, 1993

- [LEMKE-97] K. Lemke: *Fehmarn-Belt-Querung – Szenarische Leistungsfähigkeitsbeurteilung für einen Tunnel*, Schlussbericht zum FE 02.163/1995/FR, November 1997
- [LEMKE-02] K. Lemke, K. Moritz (Hsg.): *Freigabe von Seitenstreifen auf Bundesautobahnen – Beiträge zum Erfahrungsaustausch am 20. Juni 2001 in der BAST*, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen – Verkehrstechnik, Heft V94, Bergisch Gladbach, April 2002
- [LIST-04] G. Listl, J. Otto, H. Zackor.: *Quantifizierung staubedingter jährlicher Reisezeitverluste auf Bundesautobahnen – infrastrukturbedingte Engpässe*, Schlussbericht zu FE 01.155/2000/CRB der Bundesanstalt für Straßenwesen, unveröffentlicht, Oktober 2004
- [LENS-93] N. Lensing, u.a.: *Typisierung von Dauerlinien stündlicher Verkehrsstärken des Kfz-Verkehrs nach Fahrtzweckgruppen und langfristige Veränderungen*, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen, Reihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 657, Bonn 1993
- [MAI-00] W. Maibach, u.a.: *Erarbeitung von Steuerungskriterien für die Integration von LKW-Überholverböten in bestehende und zukünftige Anlagen der Verkehrsbeeinflussung*, Forschungsbericht im Auftrag des Hessischen Landesamtes für Straßen- und Verkehrswesen – Dezernat Telematik, Verkehrsbeeinflussung, Stuttgart 2000
- [MARK-78] K. Marklein: *Typisierung von mittleren Querschnittsganglinien spezieller Tagegruppen der automatischen Langzeitzählgeräte*, Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen (unveröffentlicht), Köln 1978
- [OBER-03A] A. Ober-Sundermeier: *Entwicklung eines Verfahrens zur Stauprognose an Engpässen auf Autobahnen unter besonderer Berücksichtigung von Arbeitsstellen*. Dissertation im Fachbereich 14 – Bauingenieurwesen der Universität Kassel, Kassel, 2003
- [OBER-03B] A. Ober-Sundermeier, J. Otto: *Quantifizierung staubedingter Reisezeitverluste auf BAB – Störungsursache: Arbeitsstellen*, Schlussbericht zu FE 01.153/2000/CRB der Bundesanstalt für Straßenwesen, unveröffentlicht, Juni 2003
- [PINK-97] L. Pinkofsky, L. Fischer: *Pilotstudie zur Engpaßanalyse im städtischen Hauptstraßennetz*. Bericht des Ingenieurbüros Steierwald/Schönharting für die BMW AG Abteilung Verkehrsforschung/Verkehrstechnik, München 1997
- [PINK-04A] L. Pinkofsky: *Ganglinientypen*. in: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2001, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V110, Januar 2004
- [PINK-04B] L. Pinkofsky, A. Ober-Sundermeier: *Nutzerkosten im PMS – Zeitverluste durch Arbeitsstellen*, Tagungsband der 2. Europäischen Tagung zum Erhaltungsmanagement für Straßen (CD), März 2004

-
- [PINK-04C] L. Pinkofsky: *Prüfung der Integration der Achslastauswertung in bestehende Systeme der Verkehrsstatistik*. Schlussbericht zum BAST-internen Projekt AP 03667/V6 (unveröffentlicht), Bergisch Gladbach, August 2004
- [RESS-94] W. Ressel: *Untersuchung zum Verkehrsablauf im Bereich der Leistungsfähigkeit an Baustellen auf Autobahnen*. Informationen - Verkehrsplanung und Straßenwesen - Universität der Bundeswehr München, Heft 37, München, 1994
- [RESS-96] W. Ressel: *Untersuchung zum Verkehrsablauf im Bereich der Leistungsfähigkeit an Baustellen auf Autobahnen*. Untersuchung des Ingenieurbüro Dr.-Ing. Ressel+Partner im Auftrag der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Inneren, unveröffentlicht, 1996
- [RÖHR-96] T. Röhr, H. Zackor, A. Lindenschmidt: *Entwicklung eines Verfahrens zur großräumigen Prognose der Verkehrsentwicklung und Folgerungen für den Datenaustausch von Verkehrsrechnerzentralen Teil 1: Prognoseverfahren*, Schriftenreihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik des BMVBW, Heft 727, Bonn 1996.
- [RSA-01] Bundesverkehrsministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen: *Richtlinie für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen*, FGSV 370, FGSV Verlag, 1995, 4. überarbeitete Ausgabe Köln, 2001
- [RÜB-01] J. Rübensam, u.a.: *Ermittlung der stündlichen Verkehrsstärke als Voraussetzung für die Berechnung der Staudauer im Baustellenbereich*, Hintergrundbericht 2 zu [HELL-02], unveröffentlicht, Berlin 2001
- [SCHMIDT-96] G. Schmidt, B. Thomas: *Hochrechnungsfaktoren für manuelle und automatische Kurzzeitzahlungen im Innerortsbereich*, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen, Reihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 732, Bonn 1996
- [SCHMIDT-99a] G. Schmidt, u.a.: *Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 1997*, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V61, Bergisch Gladbach 1999
- [SCHMIDT-99b] G. Schmidt, u.a.: *Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 1998*, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V73, Bergisch Gladbach 1999
- [SCHMIDT-01] G. Schmidt, u.a.: *Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 1999*, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V82, Bergisch Gladbach 2001
- [SCHMIDT-02] G. Schmidt, u.a.: *Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2000*, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V99, Bergisch Gladbach 2002
- [SCHMU-87] A. Schmuck: *Straßenerhaltung mit System – Grundlagen des Managements*, Kirschbaum Verlag, Bonn 1987

- [SCHÖN-99] H.D. Schönborn, W. Schulte: *RSA Handbuch – Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen, Band 1: RSA mit Kommentar*, Kirschbaum Verlag, Bonn 1999
- [STEIN-77] D. Steinhausen, K. Langer: *Clusteranalyse*, de Gruyter, Berlin 1977
- [STÖ-01] R. Stöckert: *Auswirkungen von Arbeitsstellen kürzerer Dauer auf Autobahnen auf Sicherheit und Wirtschaftlichkeit des Verkehrsablaufes*. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12 Verkehrstechnik/Fahrzeugtechnik, Heft 457, VDI-Verlag. Düsseldorf, 2001
- [WER-78] M. Wermuth: *Struktur und Effekte von Faktoren der individuellen Aktivitätsnachfrage als Determinanten des Personenverkehrs*. Dissertation TU München, Verlag Bock + Herchen, Bad Honnef, 1978
- [WER-93] M. Wermuth: *Modellvorstellungen zur Prognose*. In: In: G. Steierwald; H.-D. Künne (Hrsg.): *Stadtverkehrsplanung*. Springer 1993
- [WER-00] M. Wermuth: *Statistik*. in: Czichos, H. (Hrsg.): *HÜTTE - Die Grundlagen der Ingenieurwissenschaften*, 31. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2000
- [WER-03] M. Wermuth; H. Hautzinger; Ch. Neef; W. Stock: *Erhebung zum Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland KiD 2002 - Erhebungsmethode und Ergebnisse*. In: Tagungsunterlagen zu 19. Verkehrswissenschaftliche Tage Dresden, 22.09.-23.09.2003, TU Dresden, Dresden, 2003
- [Zack-76] H. Zackor: *Berechnung von Fahrtzeiten für wirtschaftliche Vergleichsrechnungen*. Bericht des Ingenieurbüros Steierwald/Schönharting für das Bundesverkehrsministerium, Stuttgart/Bonn 1976
- [Zack-79] H. Zackor: *Typisierte Dauerlinien der Verkehrsstärken für maßgebende Fahrtzwecke*. Bericht des Ingenieurbüros Steierwald/Schönharting für das Bundesverkehrsministerium, Stuttgart/Bonn 1979

Anlage:

Musterjahr je Ferienhauptgruppe,

Zuordnungsverfahren

Musterjahr je Ferienhauptgruppe

Muster woche	Ereignis	Muster woche	Ereignis	Muster woche	Ereignis
MW 1	Ende Weihnachtsferien	MW 19	NZB	MW 37	Ferien anderes Bundesland
MW 2	Winter I	MW 20	Christie Himmelfahrt	MW 38	NZB
MW 3	Winter II	MW 21	Pfingsten	MW 39	NZB
MW 4	Winter III	MW 22	Ferien anderes Bundesland	MW 40	Beginn Herbstferien
MW 5	Ferien anderes Bundesland	MW 23	Fronleichnam	MW 41	Herbstferien
MW 6	Ferien anderes Bundesland	MW 24	NZB	MW 42	Ende Herbstferien
MW 7	Karneval	MW 25	Beginn Sommerferien	MW 43	Ferien anderes Bundesland
MW 8	Winter VI	MW 26	Sommerferien	MW 44	Ref.tag / Allerheiligen
MW 9	Winter VII	MW 27	Sommerferien	MW 45	NZB
MW 10	Winter VIII	MW 28	Sommerferien	MW 46	NZB
MW 11	Winter IX	MW 29	Sommerferien	MW 47	Spätherbst I
MW 12	Ferien anderes Bundesland	MW 30	Sommerferien	MW 48	Spätherbst II
MW 13	Beginn Osterferien	MW 31	Ende Sommerferien	MW 49	Spätherbst III
MW 14	Osterferien	MW 32	Ferien anderes Bundesland	MW 50	Spätherbst IV
MW 15	Ende Osterferien	MW 33	Ferien anderes Bundesland	MW 51	Beginn Weihnachtsferien
MW 16	NZB	MW 34	Ferien anderes Bundesland	MW 52	Weihnachtsferien
MW 17	NZB	MW 35	Ferien anderes Bundesland		
MW 18	Tag der Arbeit	MW 36	Ferien anderes Bundesland		

Musterjahr -FHG11: keine Winterferien/ 2-3 Wochen Osterferien / Pfingstferien kleiner 1 Woche / frühe Sommerferien / frühe Herbstferien (2 Wochen)

Muster woche	Ereignis	Muster woche	Ereignis	Muster woche	Ereignis
MW 1	Ende Weihnachtsferien	MW 19	NZB	MW 37	Ferien anderes Bundesland
MW 2	Winter I	MW 20	Christie Himmelfahrt	MW 38	NZB
MW 3	Winter II	MW 21	Pfingsten	MW 39	NZB
MW 4	Winter III	MW 22	Ferien anderes Bundesland	MW 40	Tag der deutschen Einheit
MW 5	Ferien anderes Bundesland	MW 23	Fronleichnam	MW 41	Beginn Herbstferien
MW 6	Ferien anderes Bundesland	MW 24	NZB	MW 42	Herbstferien
MW 7	Karneval	MW 25	Ferien anderes Bundesland	MW 43	Ende Herbstferien
MW 8	Winter VI	MW 26	Ferien anderes Bundesland	MW 44	Ref.tag / Allerheiligen
MW 9	Winter VII	MW 27	Ferien anderes Bundesland	MW 45	NZB
MW 10	Winter VIII	MW 28	Beginn Sommerferien	MW 46	NZB
MW 11	Winter IX	MW 29	Sommerferien	MW 47	Spätherbst I
MW 12	Ferien anderes Bundesland	MW 30	Sommerferien	MW 48	Spätherbst II
MW 13	Beginn Osterferien	MW 31	Sommerferien	MW 49	Spätherbst III
MW 14	Osterferien	MW 32	Sommerferien	MW 50	Spätherbst IV
MW 15	Ende Osterferien	MW 33	Sommerferien	MW 51	Beginn Weihnachtsferien
MW 16	NZB	MW 34	Ende Sommerferien	MW 52	Weihnachtsferien
MW 17	NZB	MW 35	Ferien anderes Bundesland		
MW 18	Tag der Arbeit	MW 36	Ferien anderes Bundesland		

Musterjahr -FHG12: keine Winterferien/ 2-3 Wochen Osterferien / Pfingstferien kleiner 1 Woche / Sommerferienbeginn nach der 26 KW / Herbstferien 2 Wochen

Musterjahr je Ferienhauptgruppe III

Muster woche	Ereignis	Muster woche	Ereignis	Muster woche	Ereignis
MW 1	Ende Weihnachtsferien	MW 19	NZB	MW 37	Ferien anderes Bundesland
MW 2	Winter I	MW 20	Christie Himmelfahrt	MW 38	NZB
MW 3	Winter II	MW 21	Beginn Pfingstferien	MW 39	NZB
MW 4	Winter III	MW 22	Ende Pfingstferien	MW 40	Tag der deutschen Einheit
MW 5	Ferien anderes Bundesland	MW 23	Ferien anderes Bundesland	MW 41	Herbstferien
MW 6	Beginn Winterferien	MW 24	NZB	MW 42	Herbstferien
MW 7	Ende Winterferien	MW 25	Ferien anderes Bundesland	MW 43	Ferien anderes Bundesland
MW 8	Winter VI	MW 26	Ferien anderes Bundesland	MW 44	Ref.tag / Allerheiligen
MW 9	Winter VII	MW 27	Beginn Sommerferien	MW 45	NZB
MW 10	Winter VIII	MW 28	Sommerferien	MW 46	NZB
MW 11	Winter IX	MW 29	Sommerferien	MW 47	Spätherbst I
MW 12	Ferien anderes Bundesland	MW 30	Sommerferien	MW 48	Spätherbst II
MW 13	Beginn Osterferien	MW 31	Sommerferien	MW 49	Spätherbst III
MW 14	Osterferien	MW 32	Sommerferien	MW 50	Spätherbst IV
MW 15	Ende Osterferien	MW 33	Ende Sommerferien	MW 51	Beginn Weihnachtsferien
MW 16	NZB	MW 34	Ferien anderes Bundesland	MW 52	Weihnachtsferien
MW 17	NZB	MW 35	Ferien anderes Bundesland		
MW 18	Tag der Arbeit	MW 36	Ferien anderes Bundesland		

Musterjahr –FHG21: Winterferien / 2 Wochen Osterferien / Pfingstferien ca. 1 Woche / Sommerferien
eher früher/ Herbstferien eher früher(1-2 Wochen)

Muster woche	Ereignis	Muster woche	Ereignis	Muster woche	Ereignis
MW 1	Ende Weihnachtsferien	MW 19	NZB	MW 37	Ferien anderes Bundesland
MW 2	Winter I	MW 20	Christie Himmelfahrt	MW 38	NZB
MW 3	Winter II	MW 21	Beginn Pfingstferien	MW 39	NZB
MW 4	Winter III	MW 22	Ende Pfingstferien	MW 40	Tag der deutschen Einheit
MW 5	Ferien anderes Bundesland	MW 23	Ferien anderes Bundesland	MW 41	Ferien anderes Bundesland
MW 6	Beginn Winterferien	MW 24	NZB	MW 42	Beginn Herbstferien
MW 7	Ende Winterferien	MW 25	Ferien anderes Bundesland	MW 43	Ende Herbstferien
MW 8	Winter VI	MW 26	Ferien anderes Bundesland	MW 44	Ref.tag / Allerheiligen
MW 9	Winter VII	MW 27	Ferien anderes Bundesland	MW 45	NZB
MW 10	Winter VIII	MW 28	Ferien anderes Bundesland	MW 46	NZB
MW 11	Winter IX	MW 29	Beginn Sommerferien	MW 47	Spätherbst I
MW 12	Ferien anderes Bundesland	MW 30	Sommerferien	MW 48	Spätherbst II
MW 13	Beginn Osterferien	MW 31	Sommerferien	MW 49	Spätherbst III
MW 14	Osterferien	MW 32	Sommerferien	MW 50	Spätherbst IV
MW 15	Ende Osterferien	MW 33	Sommerferien	MW 51	Beginn Weihnachtsferien
MW 16	NZB	MW 34	Sommerferien	MW 52	Weihnachtsferien
MW 17	NZB	MW 35	Ende Sommerferien		
MW 18	Tag der Arbeit	MW 36	Ferien anderes Bundesland		

Musterjahr –FHG22: Winterferien / 2 Wochen Osterferien / Pfingstferien ca. 1 Woche / Sommerferien
eher später/ Herbstferien eher später (1-2 Wochen)

Musterjahr je Ferienhauptgruppe V

Muster woche	Ereignis	Muster woche	Ereignis	Muster woche	Ereignis
MW 1	Ende Weihnachtsferien	MW 19	NZB	MW 37	Ende Sommerferien
MW 2	Winter I	MW 20	Christie Himmelfahrt	MW 38	NZB
MW 3	Winter II	MW 21	Beginn Pfingstferien	MW 39	NZB
MW 4	Winter III	MW 22	Pfingstferien	MW 40	Tag der deutschen Einheit
MW 5	Ferien anderes Bundesland	MW 23	Ende Pfingstferien	MW 41	Ferien anderes Bundesland
MW 6	Ferien anderes Bundesland	MW 24	NZB	MW 42	Ferien anderes Bundesland
MW 7	Fasching	MW 25	Ferien anderes Bundesland	MW 43	Beginn Herbstferien
MW 8	Winter VI	MW 26	Ferien anderes Bundesland	MW 44	Ende Herbstferien
MW 9	Winter VII	MW 27	Ferien anderes Bundesland	MW 45	NZB
MW 10	Winter VIII	MW 28	Ferien anderes Bundesland	MW 46	NZB
MW 11	Winter IX	MW 29	Ferien anderes Bundesland	MW 47	Spätherbst I
MW 12	Ferien anderes Bundesland	MW 30	Ferien anderes Bundesland	MW 48	Spätherbst II
MW 13	Beginn Osterferien	MW 31	Beginn Sommerferien	MW 49	Spätherbst III
MW 14	Osterferien	MW 32	Sommerferien	MW 50	Spätherbst IV
MW 15	Ende Osterferien	MW 33	Sommerferien	MW 51	Beginn Weihnachtsferien
MW 16	NZB	MW 34	Sommerferien	MW 52	Weihnachtsferien
MW 17	NZB	MW 35	Sommerferien		
MW 18	Tag der Arbeit	MW 36	Sommerferien		

Musterjahr –FHG30: keine Winterferien/ 1-2 Wochen Osterferien / 2 Wochen Pfingstferien / späte Sommerferien / späte Herbstferien (1-2 Wochen)

Zuordnungsverfahren

A. Jahresganglinientypen

A.1. Vorbemerkung

Die Zuordnung erfolgt bei den Jahresganglinien querschnittsbezogen. Die Typen basieren auf Wochenwerten, die aus den Tageswerten (jeweils Mittwoch bis Dienstag) generiert werden. Hierbei überzählige Werte am Jahresanfang oder Jahresende werden der ersten Woche zugeschlagen (hier ggf. Mittelung zwischen zwei Tageswerten eines Wochentages). Im Ergebnis erhält man 52 Wochenwerte $kfz_k(zstelle(i))$ ($k=1,...,52$).

A.2. Datenaufbereitung

Je Zählstelle i und Bezugsjahr wird die prozentuale Abweichung $proabw_k(i)$ der einzelnen Wochenwerte $kfz_k(zstelle(i))$ ($k=1,...,52$) zum jeweils durchschnittlichen Wochenwert $zmean(i)$ gebildet. Hierdurch ist die Vergleichbarkeit der einzelnen Zählstellen gegeneinander hergestellt.

Für jede Zählstelle $zstelle(i)$ mit der Nummer i wird der Mittelwert $zmean(i)$ über alle Wochenwerte $kfz_k(zstelle(i))$, mit $k=1,...,52$, gebildet.

$$zmean(i) = \left(\sum_{k=1}^{52} kfz_k(zstelle(i)) \right) / 52$$

Anschließend wird für jede Zählstelle $zstelle(i)$ und für jeden Wochenwert $kfz_k(zstelle(i))$ die prozentuale Abweichung $proabw_k(i)$ zu $zmean(i)$ gebildet.

$$proabw_k(i) = 100 * (kfz_k(zstelle(i)) - zmean(i)) / zmean(i)$$

A.3. Kennwerte der Typenzuordnung

Die Zuordnung erfolgt über die Summe der 4 höchstbelasteten (relativen) Wochenwerte als Parameter der Streuung der Verkehrsverteilung nach oben (Y-Achse) und den Ferienverkehrsfaktor als zeitlichen Lageparameter (X-Achse). Für eine Anwendung unter A.4 sind die Kennwerte zu standardisieren.

Reihung der relativen Wochenwerte:

Für jede Zählstelle $zstelle(i)$ werden die relativen Wochenwerte $proabw_r(i)$ derart angeordnet, dass für jedes $r = 1,..., 51$ gilt: $proabw_r(i) \geq proabw_{r+1}(i)$

Kennwerte zur Typenzuordnung:

$$fer(i) = DTV_U(i) / DTV_W(i)$$

$$sumrank4(i) = \sum_{r=1}^4 proabw_r(i)$$

Zuordnungsverfahren II

Die Kennwerte werden auf Basis der Jahre 1997 bis 1999 abgeschätzten Mittelwerte und Standardabweichungen wie folgt normiert:

$$ngfer(i) = (fer(i) - 1) / 0,08$$

$$ngsuran4(i) = (sumrank4(i) - 59,67) / 38,9$$

A.4. Zuordnung über Distanzminimierung zu vorgegebenen Schwerpunkten

Aus den Stundenwerten der Jahre 1997 bis 1999 wurden je Kennwert und Typ Schwerpunkte abgeleitet (siehe untenstehende Tabelle). Die Zählstellen werden mittels Distanzminimierung zu diesen Schwerpunkten den einzelnen Typen zugeordnet (Abstandsmaß: Quadrierte euklidische Distanz).

Typ	A	B	C	D	E	F	G
Kennwert							
ngfer	-0,83	-0,15	-0,52	0,50	0,80	1,63	3,05
ngsuran4	-0,53	-0,61	-0,09	-0,09	0,56	1,58	4,00

Tabelle 0-1: Jahresganglinien: Schwerpunkte der Typenzuordnung

Beispiel (Zählstelle 9150, 1999):

$$ngfer(9150) = -0,13$$

$$ngsuran4(9150) = 0,39$$

$$D(9150; TypA) = (-0,13 + 0,83)^2 + (0,39 + 0,53)^2 = 1,34$$

$$D(9150; TypB) = (-0,13 + 0,15)^2 + (0,39 + 0,61)^2 = 1,00$$

$$D(9150; TypC) = (-0,13 + 0,52)^2 + (0,39 + 0,09)^2 = 0,38$$

$$D(9150; TypD) = (-0,13 - 0,50)^2 + (0,39 + 0,09)^2 = 0,63$$

$$D(9150; TypE) = \dots = 0,89$$

$$D(9150; TypF) = \dots = 4,51$$

$$D(9150; TypG) = \dots = 23,14$$

$D(9150; TypC)$ minimal \Rightarrow zstelle (9150) wird für das Jahr 1999 vorbehaltlich der Ergebnisse unter A.5 und A.7 dem Typ C zugeordnet.

A.5. Qualitätssicherung I

Für die Typen wurden auf Basis der Zuordnungsergebnisse der Jahre 1997 bis 1999 Schwellenwerte für einzelne Kategorien definiert. Werden diese Schwellenwerte von einer zugeordneten Zählstelle (i) über-, bzw. unterschritten, so ist auf die Zuordnung unter A.6 abzustellen.

Schwellenwert Typ A: $ngsuran4(i) < 0$
 Schwellenwert Typ C: $ngsuran4(i) > -0,38$
 Schwellenwert Typ D: $ngsuran4(i) > -0,38$

Beispiel (wie oben: Zählstelle 9150, 1999):

Wegen $ngsuran4(9150) = 0,39 > -0,38$ wird vorbehaltlich der Ergebnisse unter A.7 die Zuordnung zum Typ C beibehalten.

A.6. Alternative Zuordnung

Diese Zuordnung orientiert sich an den charakteristischen Kennwerten der einzelnen Typen. Auf Grundlage der Stundenwerte der Dauerzählstellen aus den Jahren 1997 bis 1999 wurden Schwellenwerte für die Typzuordnung definiert. Eine in der Qualitätssicherung I. auffällige Zählstelle wird mit Hilfe dieser Schwellenwerte einem Typen zugeordnet.

Eine	Zählstelle	zstelle	(i)	wird	dem	Typ	A	zugeordnet,	wenn	gilt:
										$ngfer(i) \leq -0,5$ und $ngsuran4(i) < -0,35$
Eine	Zählstelle	zstelle	(i)	wird	dem	Typ	B	zugeordnet,	wenn	gilt:
										$ngfer(i) > -0,5$ und $ngsuran4(i) < -0,35$
Eine	Zählstelle	zstelle	(i)	wird	dem	Typ	C	zugeordnet,	wenn	gilt:
										$ngfer(i) \leq 0$ und $-0,35 \leq ngsuran4(i)$
Eine	Zählstelle	zstelle	(i)	wird	dem	Typ	D	zugeordnet,	wenn	gilt:
										$ngfer(i) > 0$ und $-0,35 \leq ngsuran4(i) < 0,24$
Eine	Zählstelle	zstelle	(i)	wird	dem	Typ	E	zugeordnet,	wenn	gilt:
										$ngfer(i) > 0$ und $0,24 \leq ngsuran4(i) < 0,93$
Eine	Zählstelle	zstelle	(i)	wird	dem	Typ	F	zugeordnet,	wenn	gilt:
										$ngfer(i) > 0$ und $0,93 \leq ngsuran4(i) < 2,58$
Eine	Zählstelle	zstelle	(i)	wird	dem	Typ	G	zugeordnet,	wenn	gilt:
										$ngfer(i) > 0$ und $2,58 \leq ngsuran4(i)$

A.7. Qualitätssicherung II

In der abschließenden Qualitätssicherung wird verlangt, dass der Abstand der Kennwerte einer zugeordneten Zählstelle zu den Schwerpunkten des jeweiligen Typs in der Summe einer vorgegebene Toleranz genügt. Als Abstandsmaß wird die quadrierte euklidische Distanz verwendet. Die Toleranzen wurden auf Grundlage der Auswertungen der Jahre 1997 bis 1999 festgesetzt. Wird die Toleranz überschritten, so erfolgt im Bezugsjahr für die betreffenden Zählstelle keine Zuordnung zu einem Typ.

Toleranz für die Kategorien A bis F: 3,0

Toleranz für die Kategorie G: 7,0

Beispiel (Zählstelle 3660, 1998):

$ngfer(3660) = -0,13$

$ngsuran4(3660) = 2,12$

zstelle (3660) wird mit dem unter A.4 geschilderten Verfahren für das Jahr 1998 dem Typ C zugeordnet. Innerhalb der Qualitätssicherung I. ergibt sich keine Auffälligkeit. Es gilt:

$D(3660; TypC) = 3,28 > 3,00 \Rightarrow zstelle (3660) \text{ wird für das Jahr 1998 keinem Typ zugeordnet.}$

B. Wochenganglinientypen

B.1. Vorbemerkung

Die Zuordnung hat richtungsgetreunt zu erfolgen.

Die oben dargestellten Typen klassifizieren die Zählstellen hinsichtlich ihrer von Sondereinflüssen unbeeinträchtigten, „normalen“ Verkehrsstruktur. Dies wird durch eine Fokussierung auf den sog. Normalzeitbereich (NZB), der die von Schulferien, Feiertagen und extremen Witterungsverhältnissen unbeeinflussten Tage umfasst, erreicht. Der NZB besteht je Bezugsjahr aus ca. 50 Tagen verteilt auf ca. 4 zusammenhängende Zeitintervalle.

B.2. Datenaufbereitung

Je Zählstelle, Wochentag und Bezugsjahr sind die Tageswerte innerhalb der zusammenhängenden Zeitintervalle des NZB zu mitteln. Danach ist der Median (als gegen Ausreißer stabilere Kennzahl)¹ über alle Zeitintervalle des NZB zu generieren. Je Zählstelle ist dieser Median über die Tage Dienstag, Mittwoch und Donnerstag zu mitteln. Der Median jedes Wochentages wird zu diesem Mittel in Relation gesetzt. Hierdurch ist die Vergleichbarkeit der einzelnen Zählstellen gegeneinander hergestellt.

Beispiel (Bezugsjahr 1997):

Die Wochentage sind wie folgt kodiert: Montag =1, Dienstag = 2, ..., Sonntag = 7

*Zeitintervalle: $Z(4):=[970415;970429]$, $Z(6):=[970603;970617]$,
 $Z(9) :=[970917;971001]$, $Z(11):=[971104;971116]$*

Für jede Zählstelle $zstelle(i,j)$ mit der Nummer i und der Richtung j wird je Zeitintervall $Z(l)$ für jeden Wochentag k der Mittelwert $kfz_zber_k^{(l)}(ij)$ wie folgt berechnet:

$$kfz_zber_k^{(l)}(ij) = \left(\sum_{t=1}^{n_{l,k}} kfz_{k,d}^{Z(l)}(zstelle(i,j)) \right) / n_{l,k}$$

¹ Eine Vielzahl der Zählstellen ist jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Da innerhalb der einzelnen Perioden des NZB die Wochentage unterschiedlich besetzt sind, führt die Bildung des Mittelwertes bei diesen Zählstellen zu Verzerrungen.

mit $n_{l,k}$ = Anzahl der Tageswerte des Wochentags k im Zeitbereich $Z(l)$,

$kfz_{k,1}^{Z(l)}(zstelle(i,j)), \dots, kfz_{k,n_{l,k}}^{Z(l)}(zstelle(i,j))$ bezeichnen die $n_{l,k}$ Tageswerte des Wochentags k im Zeitbereich $Z(l)$

Anschließend wird für jede Zählstelle $zstelle(i,j)$ und für jeden Wochentag k der Median $zmed_k(ij)$ von $kfz_{k,1}^{Z(l)}(ij)$ über alle Zeitbereiche $Z(l)$ gebildet.

$$zmed_k(ij) = \text{Median}(kfz_{k,1}^{Z(l)}(ij); l)$$

Für jede Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dieser Median über die Wochentage Dienstag, Mittwoch und Donnerstag gemittelt:

$$c_{\text{dim ido}}(ij) = \left(\sum_{k=2}^4 zmed_k(ij) \right) / 3$$

Für jede Zählstelle $zstelle(i,j)$ und jeden Wochentag k wird $zmed_k(ij)$ zu diesem Wert in Relation gesetzt:

$$c_k(ij) = zmed_k(ij) / c_{\text{dim ido}}(ij)$$

B.3. Kennwerte der Typenzuordnung

Da die generierten Kennwerte für die Wochentage Montag bis Donnerstag kaum streuen, wird die Zuordnung anhand der Kennwerte für Freitag, Samstag und Sonntag durchgeführt.

Kennwerte zur Typenzuordnung:

$$c_{fr}(ij) = zmed_5(ij) / c_{\text{dim ido}}(ij),$$

$$c_{sa}(ij) = zmed_6(ij) / c_{\text{dim ido}}(ij),$$

$$c_{so}(ij) = zmed_7(ij) / c_{\text{dim ido}}(ij)$$

Anteilswerte zur Darstellung:

Mit
$$\text{sumzmed}(i,j) = \sum_{k=1}^7 zmed_k(ij)$$

ergibt sich für jede Zählstelle $zstelle(i,j)$ und jeden Wochentag k der tägliche Anteilswert $ant_k(ij)$ wie folgt:

$$ant_k(ij) = zmed_k(ij) / \text{sumzmed}(i,j)$$

B.4. Zuordnung über Distanzminimierung zu vorgegebenen Schwerpunkten

Aus den Stundenwerten der Jahre 1997 und 1998 wurden für die Kennwerte für jeden Typ Schwerpunkte der unter 3. generierten Kennwerte abgeleitet (siehe Tabelle 0-2). Die Zählstellen werden richtungsgetrennt mittels Distanzminimierung zu diesen Schwerpunkten den einzelnen Typen zugeordnet (Abstandsmaß: Quadrierte euklidische Distanz).

Typ Kennwert	A	B	C	D	E	F
c_{fp}	1,06	1,08	1,27	1,15	1,23	1,11
c_{sd}	0,71	0,81	0,89	0,89	1,16	1,21
c_{so}	0,55	0,72	0,79	1,00	0,96	1,47

Tabelle 0-2: Wochenganglinien: Schwerpunkte der Typenzuordnung

Beispiel (Zählstelle 1106, Richtung 1, 1998):

$$c_{fp}(1106,1) = 1,32$$

$$c_{sd}(1106,1) = 1,13$$

$$c_{so}(1106,1) = 0,95$$

$$D(1106,1; \text{TypA}) = (1,06 - 1,32)^2 + (0,71 - 1,13)^2 + (0,55 - 0,95)^2 = 0,40$$

$$D(1106,1; \text{TypB}) = (1,08 - 1,32)^2 + (0,81 - 1,13)^2 + (0,72 - 0,95)^2 = 0,21$$

$$D(1106,1; \text{TypC}) = \dots = 0,09$$

$$D(1106,1; \text{TypD}) = \dots = 0,09$$

$$D(1106,1; \text{TypE}) = \dots = 0,01$$

$$D(1106,1; \text{TypF}) = \dots = 0,32$$

$D(1106,1; \text{TypE}) \text{ minimal} \Rightarrow \text{zstelle (1106,1) wird für das Jahr 1998 vorbehaltlich der Ergebnisse unter 5. und 7. dem Typ E zugeordnet.}$

B.5. Qualitätssicherung I

Bei der Typzuordnung wird verlangt, dass sich die charakteristischen Merkmale des Typs in den Kennwerten der einzelnen, diesem Typ zugeordneten Zählstelle widerspiegeln. Für die Typen wurden auf Basis der Zuordnungsergebnisse der Jahre 1997 und 1998 diesbezügliche Schwellenwerte definiert. Wird einer dieser Schwellenwerte von einer dem jeweiligen Typen zugeordneten Zählstelle über-, bzw. unterschritten, so ist auf die Zuordnung unter A.6 abzustellen.

Schwellenwerte Typ A: $c_{so}(ij) < 0,8$

Schwellenwerte Typ B: $c_{so}(ij) < 1,0$

Schwellenwerte Typ C: $c_{fr}(ij) > 1,1$; $c_{fr}(ij) > c_{sa}(ij)$; $c_{so}(ij) < 1,0$

Schwellenwerte Typ D: $c_{fr}(ij) > c_{sa}(ij)$

Schwellenwerte Typ E: $c_{sa}(ij) \geq c_{so}(ij) - 0,01$

Schwellenwerte Typ F: $c_{so}(ij) > c_{sa}(ij)$; $c_{sa}(ij) > c_{fr}(ij) - 0,10$

Beispiel (Zählstelle 1705, Richtung 1, 1998):

$$c_{fr}(1705,1) = 1,40, c_{sa}(1705,1) = 1,00, c_{so}(1705,1) = 1,21$$

Zuordnung nach 4. ergibt: zstelle (1705,1) wird für das Jahr 1998 dem Typ E zugeordnet.

Wegen $c_{sa}(1705,1) = 1,00 < 1,20 = c_{so}(1705,1) - 0,01$ wird auf Zuordnung unter 6. abgestellt.

B.6. Phänotypische Zuordnung

Diese Zuordnung orientiert sich an den charakteristischen Kennwerten der einzelnen Typen. Auf Grundlage der Stundenwerte der Dauerzählstellen aus den Jahren 1997 und 1998 wurden Schwellenwerte für die Typzuordnung definiert. Eine in 5. auffällige Zählstelle wird mit Hilfe dieser Schwellenwerte einem Typen zugeordnet. Ist die Zuordnung nicht eindeutig oder werden keine der vorgegebenen Kriterien erfüllt, so erfolgt im Bezugsjahr für die betreffende Richtung der Zählstelle keine Zuordnung zu einem Typ der jeweiligen Tagesgruppe.

Eine Zählstelle zstelle (i,j) wird dem Typ A zugeordnet, wenn gilt:
 $c_{so}(ij) < 0,6$ und $c_{sa}(ij) < 1,0$

Eine Zählstelle zstelle (i,j) wird dem Typ B zugeordnet, wenn gilt:
 $0,6 \leq c_{so}(ij) < 1,0$ und $c_{sa}(ij) < 1,0$ und $c_{fr}(ij) \leq 1,2$ und
 $c_{so}(ij) \leq c_{sa}(ij)$ und $c_{sa}(ij) < c_{fr}(ij)$

Eine Zählstelle zstelle (i,j) wird dem Typ C zugeordnet, wenn gilt:
 $0,6 \leq c_{so}(ij) < 1,0$ und $c_{sa}(ij) < 1,0$ und $1,2 < c_{fr}(ij)$ und
 $c_{so}(ij) \leq c_{sa}(ij)$ und $c_{sa}(ij) < c_{fr}(ij)$

Eine Zählstelle zstelle (i,j) wird dem Typ D zugeordnet, wenn gilt:
 $0,6 \leq c_{so}(ij)$ und $c_{sa}(ij) < c_{fr}(ij)$ und $c_{sa}(ij) < c_{so}(ij)$

Eine Zählstelle zstelle (i,j) wird dem Typ E zugeordnet, wenn gilt:
 $1 \leq c_{sa}(ij)$ und $c_{so}(ij) \leq c_{sa}(ij)$

Eine Zählstelle zstelle (i,j) wird dem Typ F zugeordnet, wenn gilt:
 $c_{fr}(ij) \leq c_{sa}(ij)$ und $c_{sa}(ij) < c_{so}(ij)$

Beispiel (Zählstelle 1705, Richtung 1, 1998)

$$c_{fr}(1705,1) = 1,40, c_{sa}(1705,1) = 1,00, c_{so}(1705,1) = 1,21$$

\Rightarrow zstelle (1705,1) wird für das Jahr vorbehaltlich der Ergebnisse unter B.7. dem Typ D zugeordnet.

B.7. Qualitätssicherung II

In der abschließenden Qualitätssicherung wird verlangt, dass der Abstand der Kennwerte einer zugeordneten Zählstelle zu den Schwerpunkten des jeweiligen Typs in der Summe einer vorgegebene Toleranz genügt. Als Abstandsmaß wird die quadrierte euklidische Distanz verwendet. Die Toleranzen wurden auf Grundlage der Auswertungen der Jahre 1997 und 1998 auf den Wert 1,0 festgesetzt. Wird diese Toleranz überschritten, so erfolgt im Bezugsjahr für die betreffenden Richtung der Zählstelle keine Zuordnung zu einem Typ.

Beispiel (Zählstelle 5511, Richtung 1, 1998):

$$c_{fr}(5511,1) = 1,28, c_{sa}(5511,1) = 1,76, c_{so}(5511,1) = 2,94$$

zstelle (5511,1) wird mit dem unter 4. geschilderten Verfahren für das Jahr 1998 dem Typ F zugeordnet. Innerhalb der Qualitätssicherung I. ergibt sich keine Auffälligkeit. Es gilt: $D(5511,1; TypF) = 2,49 > 1,00 \Rightarrow$ zstelle (5511,1) wird für das Jahr 1998 keinem Typ zugeordnet.

C. Tagesganglinientypen

C.1. Vorbemerkung

Die Zuordnung hat richtungsgetreunt zu erfolgen. Analog der Typenbildung ist nachfolgend für folgende Tagesgruppen ein Zuordnungsverfahren angegeben:

- Montag
- Dienstag bis Donnerstag
- Freitag
- Samstag
- Sonntag

Die Typen sollen die Zählstellen hinsichtlich ihrer von Sondereinflüssen unbeeinträchtigten, „normalen“ Verkehrsstruktur klassifizieren. Dies wird durch eine Fokussierung auf den sog. Normalzeitbereich (NZB), der die von Schulferien, Feiertagen und extremen Witterungsverhältnissen unbeeinflussten Tage umfasst, erreicht. Der NZB besteht je Bezugsjahr aus ca. 50 Tagen verteilt auf ca. 4 zusammenhängende Zeitintervalle.

C.2. Datenaufbereitung

Je Zählstelle, Tagesgruppe, Stunde des Tages und Bezugsjahr werden die Stundenwerte innerhalb eines zusammenhängenden Zeitintervalls gemittelt und danach der Median (als gegen Ausreißer stabilere Kennzahl)² über alle Zeitintervalle des NZB generiert. Je Zählstelle, Tagesgruppe und Bezugsjahr wird auf Basis dieses Median der stündliche Anteil am Tageswert berechnet.

Beispiel (Bezugsjahr 1997, Tagesgruppe Freitag):

Zeitintervalle: $Z(4) := [970415; 970429]$, $Z(6) := [970603; 970617]$,
 $Z(9) := [970917; 971001]$, $Z(11) := [971104; 971116]$

Für jede Zählstelle $zstelle(i,j)$ mit der Nummer i und der Richtung j wird je Zeitintervall $Z(l)$ für jede k -te Stunde der Mittelwert $kfz_zber_k^{(l)}(ij)$ wie folgt berechnet:

$$kfz_zber_k^{(l)}(ij) = \left(\sum_{t=1}^{n(l)} kfz_{k,t}^{Z(l)}(zstelle(i,j)) \right) / n(l)$$

mit $n(l)$ = Anzahl der Freitage im Zeitbereich $Z(l)$

Anschließend wird für jede Zählstelle $zstelle(i,j)$ und für jede k -te Stunde der Median $zmed_k(ij)$ von $kfz_zber_k^{(l)}(ij)$ über alle Zeitbereiche $Z(l)$ gebildet.

$$zmed_k(ij) = \text{Median}(kfz_zber_k^{(l)}(ij); l)$$

Mit

$$sumzmed(i,j) = \sum_{k=1}^{24} zmed_k(ij)$$

ergibt sich für jede Zählstelle $zstelle(i,j)$ und jede k -te Stunde der stündliche Anteilswert $ant_k(ij)$ wie folgt:

$$ant_k(ij) = 100 * zmed_k(ij) / sumzmed(i,j)$$

C.3. Kennwerte der Typenzuordnung

Auf Basis der unter C.2. berechneten stündlichen Anteilswerte werden als Kennwerte der Typenzuordnung vornehmlich auf den Maximalwert (ggf. eines bestimmten Tagesabschnittes) und den Durchschnittswert über einen bestimmten Tagesabschnitt zurückgegriffen. Die verwendeten Kennwerte differieren nach Tagesgruppe. Für eine Anwendung unter C.4. sind die Kennwerte zu standardisieren. Eine Abschätzung der jeweiligen Mittelwerte und Standardabweichungen erfolgte auf Basis der Stundenwerte 1997 und 1998.

² Eine Vielzahl der Zählstellen ist jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Da innerhalb der einzelnen Perioden des NZB die Wochentage unterschiedlich besetzt sind, führt die Bildung des Mittelwertes bei diesen Zählstellen zu Verzerrungen.

Zuordnungsverfahren X

Tagesgruppe Montag:

Für jede Zählstelle $zstelle(i,j)$ ist $kmax(i,j)$ diejenige Stunde des Tages, für die gilt:

$$ant_{k \max(i,j)}(ij) = MAX_{k=1}^{24}(ant_k(ij))$$

Für jede Zählstelle $zstelle(i,j)$ ist $kmaxv(i,j)$ diejenige Stunde zwischen der 5ten und 10ten Stunde, für die gilt:

$$ant_{k \max v(i,j)}(ij) = MAX_{k=5}^{10}(ant_k(ij))$$

Für jede Zählstelle $zstelle(i,j)$ werden die Kennwerte für die Zuordnung wie folgt generiert:

$$maxvorm(i,j) := MAX_{k=5}^{10}(ant_k(ij))$$

$$\begin{aligned} vomean3(i,j) &:= \left(\sum_{k=7}^9 ant_k(ij) \right) / 3, & \text{wenn } kmaxv(i,j) > 7 \\ &:= \left(\sum_{k=6}^8 ant_k(ij) \right) / 3, & \text{wenn } kmaxv(i,j) \leq 7 \end{aligned}$$

$$maxnam(i,j) := MAX_{k=15}^{20}(ant_k(ij))$$

$$namean(i,j) := \left(\sum_{k=16}^{18} ant_k(ij) \right) / 3$$

$$nachtan1(i,j) := \sum_{k=1}^4 ant_k(ij)$$

$$maxtag(i,j) := MAX_{k=1}^{24}(ant_k(ij))$$

$$tgfak1(i,j) := namean(i,j) / vomean3(i,j)$$

Mit den aus den Stundenwerten des Jahres 1997 und 1998 abgeschätzten Mittelwerten und Standardabweichungen werden die für 4. benötigten Kennwerte wie folgt normiert:

$$gn_maxvo(i,j) := (maxvorm(i,j) - 7,7664) / 2,3398$$

$$gn_vome(i,j) := (vomean3(i,j) - 6,4209) / 1,8648$$

$$gn_maxna(i,j) := (maxnam(i,j) - 8,0899) / 1,8717$$

$$gn_name(i,j) := (namean(i,j) - 7,3600) / 1,4610$$

Tagesgruppe Dienstag bis Donnerstag:

Für jede Zählstelle $zstelle(i,j)$ werden die Kennwerte für die Zuordnung wie folgt generiert:

$$maxvorm(i,j) := MAX_{k=5}^{10}(ant_k(ij))$$

$$vomean(i,j) := \left(\sum_{k=7}^9 ant_k(ij) \right) / 3$$

$$maxnam(i,j) := MAX_{k=15}^{20}(ant_k(ij))$$

$$\text{namean}(i,j) := \left(\sum_{k=16}^{18} \text{ant}_k(ij) \right) / 3$$

$$\text{maxtag}(i,j) := \text{MAX}_{k=1}^{24} (\text{ant}_k(ij))$$

$$\text{tgfak}(i,j) := \text{namean}(i,j) / \text{vomean}(i,j)$$

Mit den aus den Stundenwerten des Jahres 1997 und 1998 abgeschätzten Mittelwerten und Standardabweichungen werden die für 4. benötigten Kennwerte wie folgt normiert:

$$\text{gn_maxvo}(i,j) := (\text{maxvorm}(i,j) - 7,4288) / 2,2441$$

$$\text{gn_vome}(i,j) := (\text{vomean}(i,j) - 6,1499) / 1,8115$$

$$\text{gn_maxna}(i,j) := (\text{maxnam}(i,j) - 8,2753) / 1,6504$$

$$\text{gn_name}(i,j) := (\text{namean}(i,j) - 7,5946) / 1,2661$$

Tagesgruppe Freitag:

Für jede Zählstelle $z\text{stelle}(i,j)$ ist $k\text{max}(i,j)$ diejenige Stunde des Tages, für die gilt:

$$\text{ant}_{k\text{max}(ij)}(ij) = \text{MAX}_{k=1}^{24} (\text{ant}_k(ij))$$

Für jede Zählstelle $z\text{stelle}(i,j)$ ist $k\text{maxn}(i,j)$ diejenige Stunde zwischen der 14ten und 18ten Stunde, für die gilt:

$$\text{ant}_{k\text{maxn}(ij)}(ij) = \text{MAX}_{k=14}^{18} (\text{ant}_k(ij))$$

Für jede Zählstelle $z\text{stelle}(i,j)$ werden die Kennwerte für die Zuordnung wie folgt generiert:

$$\text{maxvorm3}(i,j) := \text{MAX}_{k=7}^9 (\text{ant}_k(ij))$$

$$\text{vomean}(i,j) := \left(\sum_{k=7}^9 \text{ant}_k(ij) \right) / 3$$

$$\text{maxnam3}(i,j) := \text{MAX}_{k=13}^{19} (\text{ant}_k(ij))$$

$$\text{namean}(i,j) := \left(\sum_{k=k\text{maxn}(ij)-1}^{k\text{maxn}(ij)+1} \text{ant}_k(ij) \right) / 3$$

$$\text{maxtag}(i,j) := \text{MAX}_{k=1}^{24} (\text{ant}_k(ij))$$

Mit den aus den Stundenwerten des Jahres 1997 und 1998 abgeschätzten Mittelwerten und Standardabweichungen werden die für C.4. benötigten Kennwerte wie folgt normiert:

$$\text{gn_maxvo}(i,j) := (\text{maxvorm3}(i,j) - 6,4294) / 2,2980$$

$$\text{gn_vome}(i,j) := (\text{vomean}(i,j) - 5,3842) / 1,7607$$

$$\text{gn_maxna}(i,j) := (\text{maxnam3}(i,j) - 7,8971) / 1,1721$$

$$\text{gn_name}(i,j) := (\text{namean}(i,j) - 7,5223) / 1,0552$$

Tagesgruppe Samstag:

Für jede Zählstelle $zstelle(i,j)$ ist $kmax(i,j)$ diejenige Stunde des Tages, für die gilt:

$$ant_{k \max(i,j)}(ij) = MAX_{k=1}^{24}(ant_k(ij))$$

Für jede Zählstelle $zstelle(i,j)$ werden die Kennwerte für die Zuordnung wie folgt generiert:

$$vomean2(i,j) := \left(\sum_{k=10}^{12} ant_k(ij) \right) / 3$$

$$namean1(i,j) := \left(\sum_{k=14}^{16} ant_k(ij) \right) / 3$$

$$abmean1(i,j) := \left(\sum_{k=17}^{19} ant_k(ij) \right) / 3$$

$$maxtag(i,j) := MAX_{k=1}^{24}(ant_k(ij))$$

Mit den aus den Stundenwerten des Jahres 1997 und 1998 abgeschätzten Mittelwerten und Standardabweichungen werden die für 4. benötigten Kennwerte wie folgt normiert:

$$gn_vo2(i,j) := (vomean2(i,j) - 7,2101) / 0,9521$$

$$gn_na1(i,j) := (namean1(i,j) - 7,0869) / 0,8276$$

$$gn_ab1(i,j) := (abmean1(i,j) - 5,9458) / 0,8346$$

$$gn_max(i,j) := (maxtag(i,j) - 8,3234) / 0,9968$$

Tagesgruppe Sonntag:

Für jede Zählstelle $zstelle(i,j)$ ist $kmax(i,j)$ diejenige Stunde des Tages, für die gilt:

$$ant_{k \max(i,j)}(ij) = MAX_{k=1}^{24}(ant_k(ij))$$

Für jede Zählstelle $zstelle(i,j)$ werden die Kennwerte für die Zuordnung wie folgt generiert:

$$vomean1(i,j) := \left(\sum_{k=11}^{13} ant_k(ij) \right) / 3$$

$$namean1(i,j) := \left(\sum_{k=14}^{16} ant_k(ij) \right) / 3$$

$$abmean1(i,j) := \left(\sum_{k=17}^{19} ant_k(ij) \right) / 3$$

$$maxtag(i,j) := MAX_{k=1}^{24}(ant_k(ij))$$

$$max11_20(i,j) := MAX_{k=11}^{20}(ant_k(ij))$$

$$min11_20(i,j) := MIN_{k=11}^{20}(ant_k(ij))$$

$$dmaxmin(i,j) := max11_20(i,j) - min11_20(i,j)$$

Mit den aus den Stundenwerten des Jahres 1997 und 1998 abgeschätzten Mittelwerten und Standardabweichungen werden die für C.4. benötigten Kennwerte wie folgt normiert:

$$gn_vo1(i,j) := (vomean1(i,j) - 6,1243) / 0,9972$$

$$gn_na1(i,j) := (namean1(i,j) - 7,6202) / 0,9249$$

$$gn_ab1(i,j) := (abmean1(i,j) - 8,0195) / 1,1543$$

$$gn_max(i,j) := (maxtag(i,j) - 9,0550) / 1,2695$$

C.4. Zuordnung über Distanzminimierung zu vorgegebenen Schwerpunkten

Aus den Stundenwerten der Jahre 1997 und 1998 wurden für die normierten Kennwerte für jede Tagesgruppe und jeden Typ Schwerpunkte der unter 3. generierten normierten Kennwerte abgeleitet (siehe nachstehende Tabelle). Die Dauerzählstellen werden richtungsgetrennt für jede Tagesgruppe mittels Distanzminimierung zu diesen Schwerpunkten den einzelnen Typen zugeordnet. Als Abstandsmaß wird die quadrierte euklidische Distanz verwendet.

Beispiel (Tagesgruppe Freitag, Zählstelle 9168, Richtung 2, 1998):

$$gn_maxvo(9168,2=2,17; gn_vome(9168,2)=2,14; gn_maxna(9168,2)=-1,71; gn_name(9168,2)=-1,66$$

$$D(9168,2;TypA) = (2,31 - 2,17)^2 + (2,12 - 2,14)^2 + (-1,33 - (-1,71))^2 + (-1,42 - (-1,66))^2 = 0,2$$

$$D(9168,2;TypB) = (0,93 - 2,17)^2 + (0,95 - 2,14)^2 + (-0,80 - (-1,71))^2 + (-0,81 - (-1,66))^2 = 4,4$$

$$D(9168,2;TypC) = \dots = 11,5$$

$$D(9168,2;TypD) = \dots = 13,9$$

$$D(9168,2;TypE) = \dots = 25,2$$

$$D(9168,2;TypF) = \dots = 48,8$$

$D(9168,2;TypA)$ minimal \Rightarrow zstelle (9168,2) wird für das Jahr 1998 in der Tagesgruppe Freitag vorbehaltlich der Ergebnisse unter 5. und 7. dem Typ A zugeordnet.

Montag	Schwerpunkt		DIMiDo	Schwerpunkt		Freitag	Schwerpunkt		Samstag	Schwerpunkt		Sonntag	Schwerpunkt						
	standard.	nicht stand.		standard.	nicht stand.		standard.	nicht stand.		standard.	nicht stand.		standard.	nicht stand.					
TypA	GN_MAXVO	2,02	12,49	TypA	GN_MAXVO	2,27	12,52	TypA	GN_MAXVO	2,31	11,74	TypA	GN_VO2	-0,74	6,51	TypA	GN_VO1	0	6,12
	GN_VOME	1,91	9,98		GN_VOME	2,07	9,9		GN_VOME	2,12	9,12		GN_NA1	-0,6	6,59		GN_NA1	-1,01	6,69
	GN_MAXNA	-1,02	6,18		GN_MAXNA	-1,19	6,31		GN_MAXNA	-1,33	6,34		GN_AB1	0,07	6		GN_AB1	-0,96	6,91
	GN_NAME	-1,1	5,75		GN_NAME	-1,32	5,92		GN_NAME	-1,42	6,02		GN_MAX	-1,2	7,13		GN_MAX	-1,25	7,47
TypB	GN_MAXVO	0,88	9,83	TypB	GN_MAXVO	0,93	9,52	TypB	GN_MAXVO	0,93	8,57	TypB	GN_VO2	0,43	7,62	TypB	GN_VO1	1,72	7,84
	GN_VOME	0,9	8,1		GN_VOME	1,07	8,09		GN_VOME	0,95	7,06		GN_NA1	-0,83	6,4		GN_NA1	-0,5	7,16
	GN_MAXNA	-0,63	6,91		GN_MAXNA	-0,95	6,71		GN_MAXNA	-0,8	6,96		GN_AB1	-0,47	5,55		GN_AB1	-1,44	6,36
	GN_NAME	-0,67	6,38		GN_NAME	-1	6,33		GN_NAME	-0,81	6,67		GN_MAX	-0,16	8,16		GN_MAX	-0,41	8,53
TypC	GN_MAXVO	-0,5	6,6	TypC	GN_MAXVO	-0,45	6,42	TypC	GN_MAXVO	-0,15	6,08	TypC	GN_VO2	0,41	7,6	TypC	GN_VO1	0,33	6,45
	GN_VOME	-0,27	5,92		GN_VOME	-0,29	5,62		GN_VOME	0	5,38		GN_NA1	0,38	7,4		GN_NA1	0,58	8,16
	GN_MAXNA	-0,84	6,52		GN_MAXNA	-0,91	6,77		GN_MAXNA	-0,81	6,95		GN_AB1	0,02	5,96		GN_AB1	-0,37	7,59
	GN_NAME	-0,81	6,18		GN_NAME	-0,85	6,52		GN_NAME	-0,75	6,73		GN_MAX	-0,04	8,28		GN_MAX	-0,17	8,84
TypD	GN_MAXVO	0,13	8,07	TypD	GN_MAXVO	0,21	7,9	TypD	GN_MAXVO	0,29	7,1	TypD	GN_VO2	-0,48	6,75	TypD	GN_VO1	-0,46	5,67
	GN_VOME	0,12	6,64		GN_VOME	0,22	6,55		GN_VOME	0,25	5,82		GN_NA1	0,61	7,59		GN_NA1	-0,38	7,27
	GN_MAXNA	-0,01	8,07		GN_MAXNA	-0,15	8,03		GN_MAXNA	0,22	8,15		GN_AB1	0,16	6,08		GN_AB1	0,19	8,24
	GN_NAME	-0,01	7,35		GN_NAME	-0,16	7,39		GN_NAME	0,15	7,68		GN_MAX	-0,11	8,21		GN_MAX	-0,24	8,75
TypE	GN_MAXVO	-0,71	6,11	TypE	GN_MAXVO	-0,64	5,99	TypE	GN_MAXVO	-0,69	4,84	TypE	GN_VO2	-0,79	6,46	TypE	GN_VO1	3,55	9,66
	GN_VOME	-0,76	5		GN_VOME	-0,69	4,9		GN_VOME	-0,69	4,17		GN_NA1	-0,03	7,06		GN_NA1	0,48	8,06
	GN_MAXNA	0,62	9,25		GN_MAXNA	0,53	9,15		GN_MAXNA	0,45	8,42		GN_AB1	1,75	7,41		GN_AB1	-1,99	5,72
	GN_NAME	0,69	8,37		GN_NAME	0,6	8,35		GN_NAME	0,48	8,03		GN_MAX	-0,2	8,12		GN_MAX	1,32	10,73
TypF	GN_MAXVO	-1,12	5,15	TypF	GN_MAXVO	-1,07	5,03	TypF	GN_MAXVO	-1,11	3,88	TypF	GN_VO2	1,55	8,69	TypF	GN_VO1	1,11	7,23
	GN_VOME	-1,26	4,07		GN_VOME	-1,2	3,98		GN_VOME	-1,23	3,22		GN_NA1	0,1	7,17		GN_NA1	2,28	9,73
	GN_MAXNA	1,77	11,4		GN_MAXNA	1,8	11,25		GN_MAXNA	1,99	10,23		GN_AB1	-0,77	5,3		GN_AB1	-0,22	7,77
	GN_NAME	1,73	9,89		GN_NAME	1,76	9,82		GN_NAME	1,99	9,62		GN_MAX	1,39	9,71		GN_MAX	1,6	11,09
TypG	GN_MAXVO	0,32	8,52					TypG	GN_VO2	-0,54	6,7	TypG	GN_VO1	-0,66	5,47		GN_VO1	-0,66	5,47
	GN_VOME	0,61	7,56						GN_NA1	1,92	8,68		GN_NA1	1,92	8,68		GN_NA1	0,34	7,93
	GN_MAXNA	-1,15	5,94						GN_AB1	0,39	6,27		GN_AB1	0,39	6,27		GN_AB1	1,67	9,95
	GN_NAME	-1,18	5,64						GN_MAX	1,15	9,47		GN_MAX	1,15	9,47		GN_MAX	1,61	11,1
								TypH	GN_VO2	-1,34	5,93								
									GN_NA1	0,26	7,3								
									GN_AB1	3,65	8,99								
									GN_MAX	1,74	10,06								

Tabelle: Tagesganglinien: Schwerpunkte der Typenzuordnung getrennt nach Tagesgruppe

C.5. Qualitätssicherung I

Bei der Typzuordnung wird verlangt, dass sich die charakteristischen Merkmale des Typs in den Kennwerten der einzelnen, diesem Typ zugeordneten Zählstelle widerspiegeln. Für die Typen der einzelnen Tagesgruppen wurden auf Basis der Zuordnungsergebnisse der Jahre 1997 und 1998 diesbezügliche Schwellenwerte definiert. Werden diese Schwellenwerte von einer zugeordneten Zählstelle über-, bzw. unterschritten, so wird auf die Zuordnung unter C.6. abgestellt.

Tagesgruppe Montag:

Schwellenwerte Typ A:	$\text{maxvorm}(i,j) \geq 10,5$		
Schwellenwerte Typ B:	$\text{maxvorm}(i,j) < 11,5;$	$\text{maxvorm}(i,j) \geq 7,5;$	$k\text{max}(i,j) \leq 13$
Schwellenwerte Typ C:	$\text{maxtag}(i,j) \leq 7,8$		
Schwellenwerte Typ D:	$\text{maxtag}(i,j) < 10,0;$	$\text{vomean3}(i,j) < 8,0;$	$\text{namean} < 8,5$
Schwellenwerte Typ E:	$\text{maxnam}(i,j) < 10,5;$	$\text{maxnam}(i,j) > 7,5;$	$k\text{max}(i,j) \geq 13$
Schwellenwerte Typ F:	$\text{namean}(i,j) \geq 8,6;$	$\text{maxnam}(i,j) \geq 9,5;$	
Schwellenwerte Typ G:	$\text{nachtan1}(i,j) \geq 2,5;$	$\text{maxnam}(i,j) < \text{maxvorm}(i,j);$	
	$\text{maxvorm}(i,j) < 10,0;$	$\text{namean}(i,j) < \text{vomean3}(i,j)$	

Tagesgruppe Dienstag bis Donnerstag:

Schwellenwerte Typ A:	$\text{maxvorm}(i,j) \geq 10,0$		
Schwellenwerte Typ B:	$\text{maxvorm}(i,j) < 11,0;$	$\text{maxvorm}(i,j) \geq 7,5;$	$k\text{max}(i,j) \leq 13$
Schwellenwerte Typ C:	$\text{maxtag}(i,j) \leq 7,8$		
Schwellenwerte Typ D:	$\text{maxtag}(i,j) < 10,0;$	$\text{vomean}(i,j) < 8,0;$	$\text{namean} < 8,5$
Schwellenwerte Typ E:	$\text{maxnam}(i,j) < 10,5;$	$\text{maxnam}(i,j) > 7,5;$	$k\text{max}(i,j) \geq 13$
Schwellenwerte Typ F:	$\text{namean}(i,j) \geq 8,6;$	$\text{maxnam}(i,j) \geq 9,5;$	

Tagesgruppe Freitag:

Schwellenwerte Typ A:	$\text{maxvorm3}(i,j) \geq 9,0$		
Schwellenwerte Typ B:	$\text{maxvorm3}(i,j) < 10,0;$	$\text{maxvorm3}(i,j) \geq 7,2;$	$k\text{max}(i,j) \leq 13$
Schwellenwerte Typ C:	$\text{maxtag}(i,j) \leq 7,8$		
Schwellenwerte Typ D:	$\text{maxvorm3}(i,j) < 9,0;$	$\text{maxtag}(i,j) \geq 7,2$	
Schwellenwerte Typ E:	$\text{maxnam3}(i,j) < 9,5$		
Schwellenwerte Typ F:	$\text{namean}(i,j) \geq 8,0$		

Tagesgruppe Samstag:

Schwellenwerte Typ A:	$\text{maxtag}(i,j) \leq 7,8$
Schwellenwerte Typ B:	$\text{vomean2}(i,j) \geq 7,0; \quad \text{maxtag}(i,j) < 9,5; \quad \text{kmax}(i,j) < 14;$ $\text{namean1}(i,j) \leq \text{vomean2}(i,j); \quad \text{abmean1}(i,j) \leq \text{vomean2}(i,j)$
Schwellenwerte Typ C:	$\text{ant}_{13}(ij) < 8,0$
Schwellenwerte Typ D:	$\text{namean1}(i,j) \geq 7,0; \quad \text{maxtag}(i,j) < 9,5; \quad \text{kmax}(i,j) > 11;$ $\text{kmax}(i,j) < 18; \quad \text{vomean2}(i,j) \leq \text{namean1}(i,j);$ $\text{abmean1}(i,j) \leq \text{namean1}(i,j)$
Schwellenwerte Typ E:	$\text{abmean1}(i,j) \geq 6,8; \quad \text{maxtag}(i,j) < 9,5; \quad \text{kmax}(i,j) > 14;$ $\text{vomean2}(i,j) \leq \text{abmean1}(i,j); \quad \text{namean1}(i,j) \leq \text{abmean1}(i,j)$
Schwellenwerte Typ F:	$\text{maxtag}(i,j) \geq 8,7; \quad \text{kmax}(i,j) < 15$
Schwellenwerte Typ G:	$\text{maxtag}(i,j) \geq 8,7; \quad \text{kmax}(i,j) > 12; \quad \text{kmax}(i,j) < 18$
Schwellenwerte Typ H:	$\text{maxtag}(i,j) \geq 8,7; \quad \text{kmax}(i,j) > 15;$

Tagesgruppe Sonntag:

Schwellenwerte Typ A:	$\text{maxtag}(i,j) \leq 8,2$
Schwellenwerte Typ B:	$\text{maxtag}(i,j) > 7,5; \quad \text{maxtag}(i,j) < 10,0; \quad \text{kmax}(i,j) < 16$
Schwellenwerte Typ C:	$\text{maxtag}(i,j) > 7,5; \quad \text{kmax}(i,j) > 12; \quad \text{kmax}(i,j) < 18$
Schwellenwerte Typ D:	$\text{maxtag}(i,j) > 7,5; \quad \text{maxtag}(i,j) < 10,5; \quad \text{kmax}(i,j) > 15$
Schwellenwerte Typ E:	$\text{kmax}(i,j) < 16$
Schwellenwerte Typ F:	$\text{kmax}(i,j) > 12; \quad \text{kmax}(i,j) < 18$
Schwellenwerte Typ G:	$\text{kmax}(i,j) > 15$

Beispiel (Tagesgruppe Freitag, Zählstelle 5410, Richtung 1, 1998):

$\text{gn_maxvo}(5410,1)=2,07; \text{gn_vome}(5410,1)=1,27; \text{gn_maxna}(5410,1)=-0,52; \text{gn_name}(5410,1)=-0,47$

Zuordnung nach 4. ergibt: $\text{zstelle}(5410,1)$ wird für das Jahr 1998 in der Tagesgruppe Freitag dem Typ B zugeordnet. Wegen $\text{maxvorm3}(5410,1) = 11,20 > 10,0$ wird auf Zuordnung unter 6. abgestellt.

Beispiel (Tagesgruppe Freitag, Zählstelle 4423, Richtung 2, 1997):

$\text{gn_maxvo}(4423,2)=1,94; \text{gn_vome}(4423,2)=1,43; \text{gn_maxna}(4423,2)=-0,33; \text{gn_name}(4423,2)=-0,23$

Zuordnung nach 4. ergibt: $\text{zstelle}(4423,2)$ wird für das Jahr 1997 in der Tagesgruppe Freitag dem Typ B zugeordnet. Wegen $\text{maxvorm3}(4423,2) = 10,88 > 10,0$ wird auf Zuordnung unter 6. abgestellt.

Beispiel (Tagesgruppe Montag, Zählstelle 9007, Richtung 2, 1997):

$\text{gn_maxvo}(9007,2)=0,27; \text{gn_vome}(9007,2)=0,90; \text{gn_maxna}(9007,2)=-1,00; \text{gn_name}(9007,2)=-0,97$

Zuordnung nach 4. ergibt: $\text{zstelle}(9007,1)$ wird für das Jahr 1998 in der Tagesgruppe Freitag dem Typ G zugeordnet.

Wegen $\text{nachten1}(9007,2) = 2,52 \geq 2,5; \text{maxnam}(9007,2) = 6,21 < 8,40 = \text{maxvorm}(9007,2) < 10,0;$
 $\text{namean}(9007,2) = 5,94 < 8,10 = \text{vomean3}(9007,2)$ wird vorbehaltlich der Ergebnisse unter C.7. diese Zuordnung beibehalten.

C.6. Phänotypische Zuordnung

Diese Zuordnung orientiert sich (für die jeweilige Tagesgruppe) an den charakteristischen Kennwerten der einzelnen Typen. Auf Grundlage der Stundenwerte der Dauerzählstellen aus den Jahren 1997 und 1998 wurden Schwellenwerte für die Typzuordnung definiert. Eine in C.5. auffällige Zählstelle wird mit Hilfe dieser Schwellenwerte einem Typen zugeordnet. Ist die Zuordnung nicht eindeutig oder werden keine der vorgegebenen Kriterien erfüllt, so erfolgt im Bezugsjahr für die betreffende Richtung der Zählstelle keine Zuordnung zu einem Typ der jeweiligen Tagesgruppe.

Tagesgruppe Montag:

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ A zugeordnet, wenn gilt:

$$vomean3(i,j) \geq 8,6 \text{ und } maxvorm(i,j) \geq 10,5$$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ B zugeordnet, wenn gilt:

$$maxtag(i,j) > 7,5 \text{ und } nachtan1 \leq 2,5 \text{ und } tgfak1 < 0,9 \text{ und } vomean3(i,j) \geq 7,0 \text{ und } (vomean3(i,j) < 8,6 \text{ oder } maxvorm(i,j) < 10,5)$$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ C zugeordnet, wenn gilt:

$$maxtag(i,j) \leq 7,5 \text{ und } ((tgfak1 \geq 0,9 \text{ und } tgfak1 \leq 1,35) \text{ oder } maxtag(i,j) \leq 6,5 \text{ oder } nachtan1 \leq 2,5)$$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ D zugeordnet, wenn gilt:

$$maxtag(i,j) > 7,5 \text{ und } ((tgfak1 \geq 0,9 \text{ und } tgfak1 \leq 1,35) \text{ oder } (vomean3(i,j) < 7,0 \text{ und } namean(i,j) < 7,5 \text{ und } nachtan1 \leq 2,5))$$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ E zugeordnet, wenn gilt:

$$maxtag(i,j) > 7,5 \text{ und } tgfak1 \geq 1,35 \text{ und } namean(i,j) \geq 7,5 \text{ und } (namean(i,j) < 9 \text{ oder } maxnam(i,j) < 10)$$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ F zugeordnet, wenn gilt:

$$namean(i,j) \geq 9 \text{ und } maxnam(i,j) \geq 10$$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ G zugeordnet, wenn gilt:

$$maxtag(i,j) > 6,5 \text{ und } nachtan1 > 2,5 \text{ und } tgfak1 < 0,9 \text{ und } (vomean3(i,j) < 8,6 \text{ oder } maxvorm(i,j) < 10,5)$$

Tagesgruppe Dienstag bis Donnerstag:

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ A zugeordnet, wenn gilt:

$$vomean(i,j) \geq 8,6 \text{ und } maxvorm(i,j) \geq 10,5$$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ B zugeordnet, wenn gilt:

$$maxtag(i,j) > 7,5 \text{ und } tgfak < 0,9 \text{ und } vomean(i,j) \geq 7,0 \text{ und } (vomean(i,j) < 8,6 \text{ oder } maxvorm(i,j) < 10,5)$$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ C zugeordnet, wenn gilt:

$$maxtag(i,j) \leq 7,5$$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ D zugeordnet, wenn gilt:

$$maxtag(i,j) > 7,5 \text{ und } ((tgfak \geq 0,9 \text{ und } tgfak \leq 1,35) \text{ oder } (vomean(i,j) < 7,0 \text{ und } namean(i,j) < 7,5))$$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ E zugeordnet, wenn gilt:

$maxtag(i,j) > 7,5$ und $tgfak \geq 1,35$ und $namean(i,j) \geq 7,5$ und ($namean(i,j) < 9$ oder $maxnam(i,j) < 10$)

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ F zugeordnet, wenn gilt:

$namean(i,j) \geq 9$ und $maxnam(i,j) \geq 10$

Tagesgruppe Freitag:

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ A zugeordnet, wenn gilt:

$vomean(i,j) \geq 7,5$ und $maxvorm3(i,j) \geq 10$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ B zugeordnet, wenn gilt:

$maxtag(i,j) > 7,5$ und $kmax(i,j) \leq 11$ und ($vomean(i,j) < 7,5$ oder $maxvorm3(i,j) < 10$)

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ C zugeordnet, wenn gilt:

$maxtag(i,j) \leq 7,5$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ D zugeordnet, wenn gilt:

$maxtag(i,j) > 7,5$ und $kmax(i,j) > 11$ und $namean(i,j) \leq 8,5$ und $maxvorm3(i,j) > 6,5$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ E zugeordnet, wenn gilt:

$maxtag(i,j) > 7,5$ und $kmax(i,j) > 11$ und $namean(i,j) < 9$ und $maxvorm3(i,j) \leq 6,5$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ F zugeordnet, wenn gilt:

$namean(i,j) \geq 9$

Tagesgruppe Samstag:

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ A zugeordnet, wenn gilt:

$maxtag(i,j) \leq 7,5$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ B zugeordnet, wenn gilt:

$maxtag(i,j) > 7,5$ und $maxtag(i,j) \leq 9,0$ und $vomean2(i,j) \leq 8,3$ und $namean1(i,j) \leq 7,0$ und $kmax(i,j) \leq 13$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ C zugeordnet, wenn gilt:

$maxtag(i,j) > 7,5$ und $maxtag(i,j) \leq 9,0$ und $vomean2(i,j) > 7,0$ und $vomean2(i,j) \leq 8,3$ und $namean1(i,j) > 7,0$ und $namean1(i,j) \leq 8,3$ und $vomean2(i,j) > ant_{13}(ij)$ und $namean1(i,j) > ant_{13}(ij)$ und $kmax(i,j) \leq 15$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ D zugeordnet, wenn gilt:

$maxtag(i,j) > 7,5$ und $maxtag(i,j) \leq 9,0$ und $vomean2(i,j) \leq 8,3$ und $namean1(i,j) > 7,0$ und $namean1(i,j) \leq 8,3$ und

($vomean2(i,j) \leq ant_{13}(ij)$ oder $namean1(i,j) \leq ant_{13}(ij)$ oder $vomean2(i,j) \leq 7,0$)

und $kmax(i,j) \leq 15$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ E zugeordnet, wenn gilt:

$maxtag(i,j) > 7,5$ und $maxtag(i,j) \leq 9,0$ und $namean1(i,j) \leq 8,3$ und $abmean1(i,j) \leq 8,3$ und $kmax(i,j) \geq 16$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ F zugeordnet, wenn gilt:

($maxtag(i,j) > 9,0$ oder $vomean2(i,j) > 8,3$) und $kmax(i,j) \leq 13$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ G zugeordnet, wenn gilt:

$$\left(\maxtag(i,j) > 9,0 \text{ oder } namean1(i,j) > 8,3 \right) \text{ und } kmax(i,j) \geq 14 \text{ und } kmax(i,j) \leq 16$$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ H zugeordnet, wenn gilt:

$$\left(\maxtag(i,j) > 9,0 \text{ oder } abmean1(i,j) > 8,3 \right) \text{ und } kmax(i,j) \geq 17$$

Tagesgruppe Sonntag:

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ A zugeordnet, wenn gilt:

$$\maxtag(i,j) \leq 7,5 \text{ oder } dmaxmin(i,j) \leq 2,0$$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ B zugeordnet, wenn gilt:

$$\maxtag(i,j) > 7,5 \text{ und } dmaxmin(i,j) > 2,0 \text{ und } \maxtag(i,j) < 10,0 \text{ und } kmax(i,j) \leq 13$$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ C zugeordnet, wenn gilt:

$$\maxtag(i,j) > 7,5 \text{ und } dmaxmin(i,j) > 2,0 \text{ und } \maxtag(i,j) < 10,0 \text{ und } kmax(i,j) \geq 14 \text{ und } kmax(i,j) \leq 16$$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ D zugeordnet, wenn gilt:

$$\maxtag(i,j) > 7,5 \text{ und } dmaxmin(i,j) > 2,0 \text{ und } \maxtag(i,j) < 10,0 \text{ und } kmax(i,j) \geq 17$$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ E zugeordnet, wenn gilt:

$$\maxtag(i,j) \geq 10,0 \text{ und } kmax(i,j) \leq 13$$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ F zugeordnet, wenn gilt:

$$\maxtag(i,j) \geq 10,0 \text{ und } kmax(i,j) \geq 14 \text{ und } kmax(i,j) \leq 16$$

Eine Zählstelle $zstelle(i,j)$ wird dem Typ G zugeordnet, wenn gilt:

$$\maxtag(i,j) \geq 10,0 \text{ und } kmax(i,j) \geq 17$$

Beispiel (Tagesgruppe Freitag, Zählstelle 5410, Richtung 1, 1998)

$kmax(5410,1)=8$; $\maxtag(5410,1)=\maxvorm3(5410,1)=11,20$; $vomean(5410,1)=7,62$;
 $namean(5410,1)=7,03$

⇒ $zstelle(5410,1)$ wird für das Jahr 1998 in der Tagesgruppe Freitag vorbehaltlich der Ergebnisse unter C.7. dem Typ A zugeordnet.

Beispiel (Tagesgruppe Freitag, Zählstelle 4423, Richtung 2, 1997)

$kmax(4423,2) = 7$; $\maxtag(4423,2) = \maxvorm3(4423,2) = 10,88$; $vomean(4423,2) = 7,90$;
 $namean(4423,2) = 7,28$

⇒ $zstelle(4423,2)$ wird für das Jahr 1997 in der Tagesgruppe Freitag vorbehaltlich der Ergebnisse unter 7. dem Typ A zugeordnet.

C.7. Qualitätssicherung II

In der abschließenden Qualitätssicherung wird verlangt, dass der Abstand der normierten Kennwerte einer zugeordneten Zählstelle zu den Schwerpunkten des jeweiligen Typs einer Tagesgruppe in der Summe einer vorgegebene Toleranz genügt. Als Abstandsmaß wird die quadrierte euklidische Distanz verwendet. Die Toleranzen wurden auf Grundlage der Auswertungen der Jahre 1997 und 1998 festgesetzt. Wird die jeweilige Toleranz überschritten, so erfolgt im Bezugsjahr für die betreffenden Richtung der Zählstelle keine Zuordnung zu einem Typ der jeweiligen Tagesgruppe.

(Für die Tagesgruppen Montag, Dienstag bis Donnerstag und Freitag wurde als Toleranzschwelle der Wert 10,0 festgesetzt. Für die Tagesgruppen Samstag und Sonntag wurde als Toleranzschwelle der Wert 12,0 festgesetzt.)

Beispiel (Tagesgruppe Freitag, Zählstelle 9168, Richtung 2, 1998):

zstelle (9168,2) wird mit dem unter 4. geschilderten Verfahren für das Jahr 1998 in der Tagesgruppe Freitag dem Typ A zugeordnet. Innerhalb der Qualitätssicherung I. ergibt sich keine Auffälligkeit.

Es gilt (s.o.): $D(9168,2; \text{TypA}) = 0,2 < 10,0$

⇒ zstelle (9168,2) wird für das Jahr 1998 in der Tagesgruppe Freitag dem Typ A zugeordnet.

Beispiel (Tagesgruppe Freitag, Zählstelle 5410, Richtung 1, 1998)

Es gilt: $D(5410,1; \text{TypA}) = 2,3 < 10,0$

⇒ zstelle (5410,1) wird für das Jahr 1998 in der Tagesgruppe Freitag dem Typ A zugeordnet.

Beispiel (Tagesgruppe Freitag, Zählstelle 4423, Richtung 2, 1997)

Es gilt: $D(4423,2; \text{TypA}) = 3,04 < 10,0$

⇒ zstelle (4423,2) wird für das Jahr 1997 in der Tagesgruppe Freitag dem Typ A zugeordnet.

Beispiel (Tagesgruppe Samstag, Zählstelle 1139, Richtung 2, 1998)

zstelle (1139,2) wird mit dem unter 4. geschilderten Verfahren für das Jahr 1998 in der Tagesgruppe Samstag dem Typ F zugeordnet. Innerhalb der Qualitätssicherung I. ergibt sich keine Auffälligkeit.

Es gilt: $D(1139,2; \text{TypF}) = 15,35 \geq 12,0$

⇒ zstelle (1139,2) wird für das Jahr 1998 in der Tagesgruppe Samstag keinem Typ zugeordnet.

C.8. Ausweisung der Maximalstunde

Um in einer weiteren Differenzierung die Zählstelle richtungsgetreuen den Ganglinienverläufen zuordnen zu können, ist es notwendig, die Maximalstunde, in der sich regelmäßig die maximale stündliche Verkehrsstärke am zugehörigen Abschnitt (im NZB) realisiert, auszuweisen. Für gewisse Maximalstunden (z.B. Tagesgruppe Montag, Typ A, Maximalwert des Tages regelmäßig in der 9ten Stunde) konnte wegen geringer Fallzahl kein repräsentativer Ganglinienverlauf abgeleitet werden. Hier ist im Anwendungsfall auf den Kurvenverlauf der nächstliegenden Maximalstunde abzustellen. Bei den Typen mit Doppelspitzen (Tagesgruppen Montag, Dienstag-Donnerstag, Freitag: Typ D; Tagesgruppe Samstag: Typ C) sind konsequenterweise zwei Maximalstunden auszuweisen. Bei Typen mit relativ ausgeglichenem Tagesverlauf (Tagesgruppen Montag, Dienstag-Donnerstag, Freitag: Typ C; Tagesgruppen Samstag, Sonntag: Typ A) ist eine Differenzierung nach Maximalstunde nicht sinnvoll. Getrennt nach Tagesgruppe und Typ werden die Maximalstunden dann wie folgt ausgewiesen:

Für Typ C der Tagesgruppen Montag, Dienstag bis Donnerstag, Freitag und
 Typ A der Tagesgruppen Samstag, Sonntag

wird keine Maximalstunde ausgewiesen.

Für Typ D der Tagesgruppen Montag, Dienstag bis Donnerstag, Freitag und
 Typ C der Tagesgruppe Samstag

werden $k_{\max 1(i,j)}$ und $k_{\max 2(i,j)}$ als Maximalstunden ausgewiesen.

Für alle restlichen Typen wird $k_{\max(ij)}$ als Maximalstunde ausgewiesen.

Hierbei gelten folgende Definitionen:

Für jede Zählstelle $z_{\text{stelle}}(i,j)$ ist $k_{\max(i,j)}$ diejenige Stunde des Tages, für die gilt:

$$ant_{k_{\max(ij)}}(ij) = \max_{k=1}^{24} (ant_k(ij))$$

Für jede Zählstelle $z_{\text{stelle}}(i,j)$ ist $k_{\max 1(i,j)}$ diejenige Stunde zwischen der 1ten und 11ten Stunde, für die gilt:

$$ant_{k_{\max 1(ij)}}(ij) = \max_{k=1}^{11} (ant_k(ij))$$

Für jede Zählstelle $z_{\text{stelle}}(i,j)$ ist $k_{\max 2(i,j)}$ diejenige Stunde zwischen der 13ten und 24ten Stunde, für die gilt:

$$ant_{k_{\max 2(ij)}}(ij) = \max_{k=13}^{24} (ant_k(ij))$$